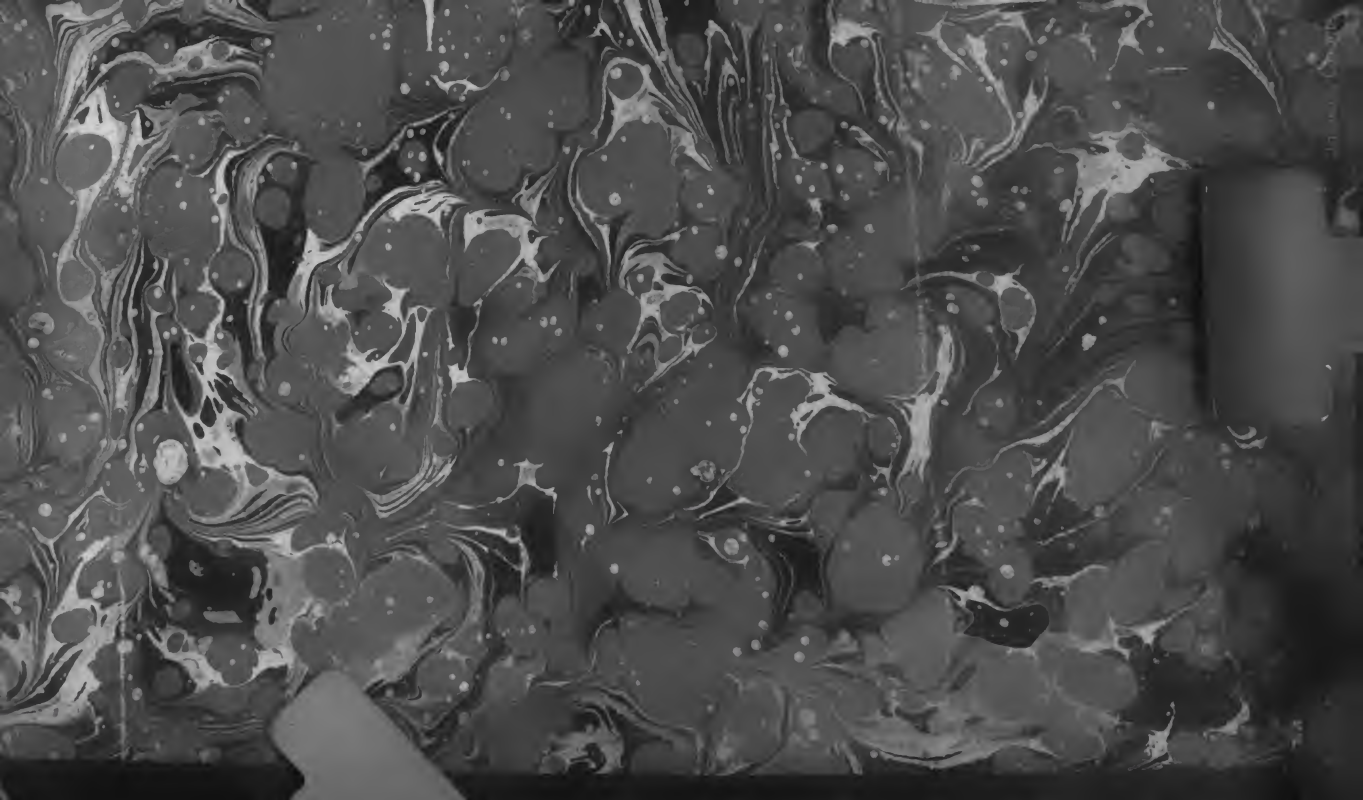
Digitized by Google



<36607795670012

<36607795670012

Bayer. Staatsbibliothek

Phil. 2714.a.
Phys. Sp. 34.

R

Digitized by Google

Phil. 2714 - a -

P. J. Barthez

neue Mechanik

der

willkührlichen Bewegungen

des Menschen und der Thiere.

Aus dem Französischen

übersetzt

von

Kurt Sprengel.

Halle

bei Karl August Kümmel

1800.

Digitized by Google

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Digitized by Google

Vorbericht
des Uebersetzers.

Ohne dem Verfasser dieses Werkes zu schmeicheln, muß man gestehn, daß dasselbe in einem wichtigen Fache der menschlichen Kenntnisse Epoche macht, ja daß es bis jetzt einzig in seiner Art ist.

Zur Erklärung des Mechanismus der verschiedenen thierischen Bewegungen wird nicht allein eine gründliche Einsicht in die ganze höhere Mathematik, und besonders eine tiefe Kenntniß der Gesetze der Statik, sondern auch eine genaue Bekanntschaft mit der feineren Anatomie und mit der Naturgeschichte erfordert. Wenn man nun weiß, wie wenige Aerzte eine gelehrte Erziehung genießen; wenn man ferner bedenkt, wie groß der Umfang der Arzeneikunde, und wie mannigfaltig die Fächer sind, die ein jeder Arzt, wenigstens oberflächlich, bearbeiten muß: so begreift man leicht, wie äußerst selten jene Masse von Kenntnissen, die die Mechanik der Thiere erfordert, in einem Arzte vereinigt gefunden werden kann. Bei dem Verfasser

Digitized by Google

dieses Werks bemerken wir diese Verbindung von Kenntnissen in einem ausgezeichneten Grade: ja wir finden in diesem Werke über dies so schöne Früchte eines tiefen Studiums der Alten, daß dadurch sein Buch eine noch vielseitigere Nützlichkeit erhält.

Um das Verdienst dieses Werks gehörig zu würdigen, muß man die Vorgänger des Verfassers in diesem Fache kennen. Ihrer ist eine so geringe Anzahl, und sie haben diese Wissenschaft so einseitig und fragmentarisch behandelt, daß man ihm nothwendig das Verdienst zugestehen muß, die Bahn zuerst gebrochen zu haben.

Der größte Naturforscher des Alterthums, Aristoteles, hat so wohl in seiner Naturgeschichte der Thiere, als vorzüglich in seinem Buche vom Gange der Thiere, einzele Gegenstände dieser Wissenschaft mit Einsicht und Glück behandelt; und es ist gewiß, daß er fast zwei Jahrtausende hindurch der Einzige geblieben ist, der sich mit der mechanischen Erklärung der thierischen Bewegungen beschäftigt hat. Nur Plinius, der gelehrte Sammler, lieferte einige Beiträge aus älteren Schriften, welche letztere jetzt für uns verloren sind.

Zu Anfang des vorigen Jahrhunderts wagte Hieronymus Fabricius von Acquapenden-

Digitized by Google

te, der berühmte Wiederhersteller der Anatomie, neue Erklärungen des Ganges der Thiere zu geben, die aber unvollkommen sind, weil es ihm an gründlichen Einsichten in die höhere Mathematik fehlte.

Was Carteſius und Gaſſendi in diesem Fache geleiſtet haben, iſt nichts als ein fragmentariſcher Verſuch, den Sprung aus der Rückwirkung des Bodens, willkührlich genug, zu erklären. Auch Mayow's und Willis Theorieen konnten dieſe Wiſſenſchaft nur in geringem Grade bereichern, da jener den Sprung bloß aus Hypotheſen erläuterte, und Willis, zu voll von ſeinen Gährungen, dieſe überall in Anſchlag brachte.

Endlich lieferte Joh. Alfons Borelli, in ſeinem Werke von der Bewegung der Thiere, welches 1680 nach ſeinem Tode heraus kam, den erſten Verſuch einer vollſtändigen und gründlichen Theorie des Mechanismus dieſer Bewegungen, der ein Jahrhundert hindurch als einzig galt und allgemeinen Beifall gefunden hat. Indeſſen würde ſein Verdienſt noch größer geweſen ſeyn, wenn er nicht die unglückliche Idee gehabt hätte, die chemiſchen mit den mechaniſchen Erklärungen vereinigen zu wollen, wenn er nicht manche willkührliche Hypotheſen und falſche Auslegungen für eben ſo viele Naturgeſetze ausgegeben, wenn er endlich mehr

Kenntniſſe in der Naturgeſchichte gehabt und angewandt hätte.

Claud. Perrault vereinigte gründliche anatomiſche Kenntniſſe mit den tiefſten Einſichten in die Mathematik in einem ſo ausgezeichneten Grade, und hatte ſich ſo anhaltend mit der Anatomie der Thiere beſchäftigt, daß ſich von ſeiner Mechanik der Thiere in der That noch mehr erwarten läßt, als von Borelli's Werke. Auch muß ihm jeder unterrichtete Leſer einen beträchtlichen Vorzug zugeſtehen, wenn von den Anwendungen der mechaniſchen Grundſätze auf die Theorie der mannigfaltigen Bewegungen der Thiere die Rede iſt. Aber Perrault drang doch nur ſehr wenig in das Detail dieſer Wiſſenſchaft ein, und ließ daher ſeinen Nachfolgern ungemein viel zu thun übrig.

Daniel Bernoulli und Jak. Keill führten zwar zuerſt die höhere Analyſis in die Zoomechanik ein, allein ſie wandten ſie hauptſächlich nur auf die Erklärung der Lebensverrichtungen an, ohne ſich um die willkührlichen Bewegungen zu bekümmern. Auch ſcheint es ihnen an den dazu nöthigen Kenntniſſen in der Anatomie gefehlt zu haben.

Ein Mathematiker, Anton Parent, hat einiges Verdienſt um die Theorie des Stehens und

Gehens, aber man sieht vorzüglich aus dem vorliegenden Werke, wie einseitig seine Erklärungen und wie beschränkt seine anatomische Kenntnisse waren.

Jak. Benignus Winslow, ein trefflicher Anatom, und Wilh. Cheselden suchten zwar einige Sätze in Borelli's Werke zu widerlegen und bessere Erklärungen zu geben: aber ihr Verdienst um diese Wissenschaft ist im Ganzen unbedeutend. Der hypothesenreiche Georg Ehrh. Hamberger verdient kaum erwähnt zu werden; und sein großer Gegner, der gelehrteste Sammler aller Zeiten und aller Völker, Albrecht von Haller, benutzte nur seine Vorgänger, ohne viel Neues hinzu zu thun.

In neuern Zeiten sind bloß fragmentarische Beiträge zur Mechanik der Thiere gesammelt worden. Der Gang der Pferde ward von Lafosse und Bourgelat, das Schwimmen von Gouan, das Kriechen der Insecten von Mauduyt, das Kriechen der Schlangen von la Cepède erklärt. Lyonet lieferte mit unübertrefflicher Kunst eine Anatomie der Raupen, und Weiß suchte das Kriechen derselben zu erläutern. Endlich machten Silberschlag, Camper und Huber einige interessante Bemerkungen über das Fliegen der Vögel.

Digitized by Google

Die Arbeiten dieser Vorgänger hat der Verfasser nicht bloß benutzt; sondern er hat überall seinen eigenen Weg gewählt, und von den vorzüglichsten Bewegungen des Menschen und der Thiere Erklärungen gegeben, die meistens befriedigend, wenigstens besser und gründlicher sind, als die, welche wir bis jetzt kannten.

Die Uebersetzung dieses äußerst wichtigen Werkes habe ich mit aller möglichen Sorgfalt und Treue gemacht. Einzele Sätze zu berichtigen, oder die Anmerkungen zu vermehren, dazu fehlte es mir an Dreistigkeit. Ein Werk, wie dieses, will und muß das Publicum haben, wie es aus den Händen des Verfassers kam, und meinen Anmerkungen traute ich es nicht zu, daß sie den Werth dieses Buches erhöhen würden. Doch habe ich mir die Freiheit genommen, die Citate zu berichtigen, wo es nöthig war; deutsche Uebersetzungen der angeführten Schriftsteller gegeben; und ein Verzeichniß der letzteren und der erklärten Wörter aus fremden Sprachen hinzu gefügt.

Botanischer Garten bei Halle. 1800. März 21.

Digitized by Google

Verzeichniß des Inhalts.

Vorerinnerung.

Ueber das Lebens-Princip und die Kraft der festen Lage. Seite 3 — 9.

Plan dieses Werks. 10 — 20.

Bekenntnisse des Verfassers. 21 — 24.

Erster Abschnitt. Vom Mechanismus des Stehens.

Erklärung desselben. 25.

Ob der Mensch von Natur auf zwei Füßen gehe. 26 — 28.

I. Krümmung der Wirbelsäule nach verschiedenen Richtungen, und Wirkungen, die dadurch entstehen. 28 — 30.

II. Bei der Streckung der Wirbelsäule giebt es zwei Mittelpunkte der Bewegung, deren einer in der Knorpelverbindung der Wirbelkörper, der andere in den Gelenkflächen der schiefen Fortsätze liegt. 30. 31.

III. Ursache der Länge der Dorn-Fortsätze. 31. 32.

IV. V. Verschiedene Richtung der Dorn-Fortsätze, und Folgen derselben. 32 — 35.

VI. Verhältnisse der Rückenwirbel. 35. 36. Ueber die Stärke der Lenden. 36.

VII — X. Verschiedene Wölbung der Wirbelsäule bei den Thieren und Wirkung der Beine darauf. 37 — 43.

Digitized by Google

XI. Anwendungen davon auf den Bau des Pferdes, des Elephanten, des Chamäleons, des Ameisenbären, der Robbe. 44. 45.

XII. Bei vielen Thieren greifen die Gelenk-Fortsätze der Lendenwirbel in einander und vermindern dadurch die zu starke Biegung der Wirbelsäule. 45. 46. Bei manchen sind die Halswirbel sehr stark verbunden. 47. 48.

XIII. XIV. Einfluß der Lage der Beckenknochen bei Menschen und bei Thieren. 49 — 53.

XV. Verschiedene Form der Hüft- und Schaamknochen. 53. 54.

XVI. Die Säulen, welche die Füße bilden, bestehn aus mehreren Knochen; dadurch wird das Stehn erleichtert und gesichert. 55. 56.

XVII. Richtung des Kopfes und Halses des Schenkelbeins, wie auch des Rollhügels. 56. 57.

XVIII. Ueber das Stehn mit auswärts gesetzten Füßen und über die Entfernung der letzteren von einander. 57 — 61.

XIX. Widernatürliche Krümmung der Füße nach außen und innen. 62 — 64.

XX. Verhältniß des Schwerpunkts zu den Mittelpunkten der Bewegung. 65 — 69.

XXI. Pronation und Supination des Fußes, in einem besondern Sinne. 70 — 73.

XXII. Wölbung des Plattfußes beim Stehn. 73 — 75.

XXIII. Wirkungen der verschiedenen Muskeln beim Stehn. 76.

XXIV. Besonders bei verschiedenen Affen-Arten. 78 — 82.

XXV. Die Neigungslinie des Schwerpunkts muß allezeit auf die Unterstützungsfläche fallen. Anwendungen dieses Grundsatzes. 82 — 84.

XXVI. Nutzen des Schwanzes bei Thieren. 84 — 90.

XXVII — XXIX. Ueber das Stehn der Vögel. 90 — 97.

Digitized by Google

Zweiter Abschnitt. Von den fortschreitenden Bewegungen des Menschen.

Erster Theil. Theorie des menschlichen Ganges.

I. Verschiedene Arten des Ganges. 98. 99.
II. Vorsetzen des einen oder des anderen Fußes. 99 — 102.
III. Kreisbewegung, die der Plattfuß theils um die Spitze, theils um die Ferse vornimmt. 103. Natürlichster Gang. 104. Verschiedenheiten des Ganges nach dem Alter. 105. 106.
IV. V. Wie das Bein, während es sich auf den Boden stemmt, nach oben getrieben wird und den Schwerpunkt des ganzen Körpers mit sich fortzieht? 106. Widerlegung der zurückstoßenden Kraft des Bodens. 107 — 110.
VI. Verschiedene Wirkungen der Muskeln und Richtungen der Gelenke beim Gehn. 111 — 114.
VII. Ordnung, in welcher beim Gehn die Bewegungen des einen auf die Bewegungen des anderen Fußes folgen. 115. 116.
VIII. Fehlerhafte Formen des Gehens. 116. 117.
IX. Theorie des Laufens. 117 — 120.
X. Erschütterungen beim Laufen. 120 — 122.
XI. Einfluß des Laufens auf das Athmen und Wirkung des Zwerchmuskels beim Laufen. 122 — 124.
XII. Warum die Arme beim Gehn und Laufen bewegt werden? 124. 125.
XIII. Ueber das Wanken zur Seite beim Laufen. 126. 127.
XIV. Einfluß der Mehrheit der Knochen im Fuße auf die Bewegungen beim Gehn. 127. 128.
XV. Verhältniß der Länge der Knochen im Fuße zum bequemen Gange. 128 — 130.
XVI. Einförmige Folge der Biegung der Gelenke ist zum vollkommenen Gange nothwendig. 131. 133.

Digitized by Google

XVII. XVIII. Zweck der Kniebeuge. 133 — 136. Warum beim Hinaufsteigen die Knie- und Waden, beim Hinabsteigen die Hüften und Lenden schmerzen? 137. 138.

Zweiter Theil. Theorie des Sprunges.

XIX. Willis Theorie ist falsch. 138. 139.
XX. Borelli's Theorie ist falsch. 139 — 143.
XXI. Mayow's Theorie ist falsch. 143 — 146.
XXII. Auch Hamberger's und Haller's Erklärungen. 146. 147.
XXIII. Biegung der Fußgelenke vor dem Sprunge. 147. 148. Wirkung der Arme. 149. Wirkung der Streckmuskeln der Füße. 150.
XXIV. XXV. Des Verfassers Theorie. 151 — 158.
XXVI. Erklärung der mannigfaltigen Bewegungen bei verschiedenen Arten des Sprunges. 163.
XXVII. Anwendung davon auf den Sprung des Frosches. 164. 165.
XXVIII. XXIX. Nutzen der Sprung-Gewichte oder Halteren, nebst verschiedenen dahin gehörigen Bemerkungen. 165 — 173.
XXX. Ueber den Sprung der Schlangen. 173 — 175.
XXXI. Ueber den Sprung der Insecten. 176.
XXXII. Ueber den Sprung der Käsemaden. 177. 178.
XXXIII. Ueber den Sprung des Springkäfers. 178 — 180.

Dritter Abschnitt. Von den fortschreitenden Bewegungen vierfüßiger Thiere.

Erster Theil. Von den fortschreitenden Bewegungen des Pferdes.

I. Vier Momente im Schritte des Pferdes. 181. 182.
II. Stellung der Beine und Verlängerung des Halses beim Fortschreiten. 182 — 185.
III. IV. Ueber den Antrieb, den der Körper von den Beinen erhält. 185 — 190.

Digitized by Google

V. Fernere Betrachtung der Wirkungen der Muskeln beim Schritte des Pferdes. 190 — 192.
VI. Theorie des Trabes und Paßganges. 192 — 194.
VII. VIII. Theorie des Galopps. 194 — 202.

Zweiter Theil. Von den Abweichungen der fortschreitenden Bewegungen bei verschiedenen vierfüßigen Thieren.

IX. Gang und Lauf des Löwen. 203 — 205.
X. Gang des Tigers, des Panthers und der Katze. 206. 207.
XI. Gang des Kaninchens. 208.
XII. Bewegungen des Hasen. 209. 210.
XIII. Bewegungen der Springhasen. 211. 212.
XIV. Gang der Giraffe. 212 — 216.
XV. Gang der Hyäne. 216. 217.
XVI. Einfluß der Größe der Plattfüße auf den Gang. 218. 219.
XVII. Gang der Eideren und des Chamäleons. 219 — 221.
XVIII. Gang des Maulwurfs. 222.
XIX. Die Verengerung der Bänder, welche das Kniegelenk umgeben, bringt merkwürdige Erscheinungen beim Gange verschiedener Thiere hervor, unter anderen bei Rennthieren. 222 — 225.
XX. Verschiedenheiten des Sprunges der Thiere. 225 — 227.
XXI. Verwandtschaft der geistigen Eindrücke mit den Formen und Bewegungen der Thiere, durch das Beispiel der Wander-Ratze bewiesen. 227 — 229.
XXII. Auch durch das Beispiel der Ziege, des Hausmarders, der Wiesel. 229 — 231.

Vierter Abschnitt. Von dem Kriechen.

I. Das Fortschreiten der Robbe hält das Mittel zwischen Gehn und Kriechen. 232. 233.
II. Der Gang vierfüßiger Schlangen. 234. 235.

Digitized by Google

III. Ueber das Fortschreiten der Raupen im Allgemeinen. 235 — 238.
IV. V. Besonders vom Mechanismus der Biegung ihrer Ringe. 239 — 242.
VI. VII. Erklärung der wellenförmigen Bewegungen der Raupen. 243 — 247.
VIII. Erklärung des Kriechens der Raupen. 247 — 250.
IX. X. Kriechen der Schnecken. 250 — 256.
XI. Vom Kriechen der Schlangen. Zuerst von der Richtung der Schuppen und Platten bei einigen Arten. 256 — 259.
XII. Verschiedene Erscheinungen bei den Bewegungen der Schlangen. 259 — 262.
XIII. Genauere Auseinandersetzung des Kriechens der Schlangen. 262 — 266.
XIV. Schnelligkeit ihrer Bewegungen. 266 — 268.

Fünfter Abschnitt. Vom Schwimmen.

Erstes Kapitel. Vom Schwimmen der Fische.

I. Die Flossen sind nicht die vorzüglichsten Werkzeuge des Schwimmens. 269 — 271.
II. Borelli's Vergleichung des Schwanzes der Fische mit einem Steuerruder ist unrichtig. 271. 272.
III. Der Schwanz ist nur mit einem gebrochenen Ruder zu vergleichen. 272 — 274.
IV. Prüfung der neueren Theorieen über die Wirkung der Ruder. 274 — 280.
V. Biegungen des Schwanzes sind zum Schwimmen nothwendig 280 — 283.
VI. Wie die Aale und Schlangen schwimmen? 283 — 285.
VII. Ueber das Schwimmen der Steinbutte, der Scharbe, des Wallfisches. 285 — 287.
VIII. IX. Die Flossen dienen zur Sicherung der Lage und zur Richtung der Bewegungen des Fisches. 287 — 292.

Digitized by Google

X. Nutzen der Luftblase, um die specifische Schwere des Fisches zu vermehren oder zu vermindern. 293 — 295.
XI. Was für Organe die Erweiterung und Verengerung der Luftblase bewirken. 295 — 298.
XII. Anwendung davon auf den mannigfaltigen Nutzen der Luftblase zur verschiedenen Richtung des Körpers der Fische. 298 — 301.
XIII. Da platte Fische keine Luftblase haben, so wird diesem Mangel durch die Biegsamkeit ihrer Wirbelsäule abgeholfen. 301. 302.
XIV. Ueber das Schwimmen der Wasservögel und Wassergewürme. 303 — 305.
XV. Ueber die Bewegungen des Nautilus. 305 — 308.

Zweites Kapitel. Vom Schwimmen vierfüßiger Thiere.

XVI. Wie die Hebung und Senkung der Beine auf einander folgt? 308 — 310.
XVII. Wodurch eigentlich die Beine nach vorn getrieben werden? 310 — 312.
XVIII. Ueber das Schwimmen vierfüßiger Amphibien. 312. 313.

Drittes Kapitel. Vom Schwimmen des Menschen.

XIX. Wie die Bewegungen der Arme und Beine auf einander folgen? 313. 314.
XX. Wie die mittlere Bewegung dadurch hervor gebracht wird? 315. 316.
XXI. Anwendungen davon. 317. 318.
XXII. Zu große Eilfertigkeit der Bewegungen schadet beim Schwimmen. 319. 320.
XXIII. Nutzen der durch Zurückhaltung der Luft entstehenden Erweiterung der Brusthöhle beim Schwimmen. 320 — 323.

Digitized by Google

Sechster Abschnitt. Vom Fluge der Vögel.

Vorläufig von den Bewegungen der fliegenden Eidexe und des fliegenden Eichhorns. 324. 325.

I. Ehe der Vogel auffliegt, thut er einen Sprung, oder senkt sich nieder. 325.

II. Erhebung der Flügel und Wirkung derselben. 326. 327.

III. Senkung der Flügel und Nutzen des gabelförmigen Knochens. 327. 328.

IV. Entwickelung der Flügel. 329.

V. Nutzen des Lenkfittigs oder Afterflügels. 330.

VI. Die Vergleichung der Flügel mit Rudern ist unrichtig. 331. 332.

VII. Widerlegung anderer Meinungen. 332. 333.

VIII. Die Zurückwirkung der Luft wirkt sehr wenig auf das Fliegen. 333. 334.

IX. Ueber die Theorieen vom Widerstande der Flüssigkeiten gegen die sich darin bewegenden Körper. 334. 336.

X. Vergleichung des Fliegens mit dem Schwimmen. 338 — 341.

XI — XIII. Wie die Flügel dem Körper des Vogels eine Bewegung mittheilen können. 341 — 345.

XIV — XVI. Nutzen des Schwanzes beim Fliegen. 345 — 352.

XVII. Unterschied der Flügel bei Raubvögeln. 353. 354.

XVIII. XIX. Bisweilen verhält sich der Vogel völlig passiv. 354 — 356.

XX. Ueber das Schweben der Weihe. 356 — 358.

XXI. Nothwendiges Gleichgewicht der bewegenden Kräfte des Vogels. 359. 360.

XXII. Der Vogel sucht diese Kräfte beständig nach dem Schwerpunkte seines Körpers zu richten. 360 — 362.

XXIII. Anwendungen davon auf den verschiedenen Flug mancher Vögel. 362 — 365.

XXIV. Die Schmetterlinge überschlägen sich im Fliegen. Wahrscheinlicher Nutzen der Fühlhörner. 365 — 367.

Digitized by Google

XXV. Wie die Vögel ihren Schwerpunkt verschieben können. 368. 369.
XXVI. Ueber die Luft in den Knochen der Vögel. 369 — 371.
XXVII. Hunter's und Silberschlag's Meinungen über den Nutzen dieser Luft sind unrichtig. 371 — 374.
XXVIII. Wie der Vogel seine Luftbehälter füllen und ausleeren kann. 374 — 376.
XXIX. XXX. Das Einströmen der Luft in diese Behälter erfolgt vorzüglich während eines beschwerlichen Ausathmens. 376 — 380.
XXXI. Die Gegenwirkung dieser in die Knochenhöhlen eingeschlossenen Luft modificirt den Flug am vortheilhaftesten. 380 — 383.
XXXII. XXXIII. Anwendung davon auf die Bewegungen des Straußes. 384 — 387.
XXXIV. Schluß des Ganzen. 387 — 389.

Digitized by Google

Digitized by Google

Barthez

Mechanismus

der

thierischen Bewegungen.

Digitized by Google

Digitized by Google

Vorerinnerung.

Unter den Erscheinungen, die den Schauplatz der Natur beleben und verschönern, zieht vielleicht keine uns mehr an, als die Bewegung des Menschen und der verschiedenen Thiere auf der Erde, im Wasser und in der Luft.

Die fortschreitenden Bewegungen des Menschen und der Thiere können theils nach dem Lebens-Princip, als der ersten Quelle der Bewegungen, theils nach den nächsten und mechanischen Ursachen derselben betrachtet werden.

Die Bestimmung dieser nächsten Ursachen macht allein den Gegenstand des gegenwärtigen Werkes aus. Meine Erklärungen gründen sich einzig und allein auf Thatsachen, die die Anatomie darbietet, und auf die ersten Gesetze der Bewegung. Ich betrachte sie gänzlich unabhängig von Allem, was Bezug auf das Lebens-Princip hat.

Inzwischen scheint die Betrachtung dieser bewegenden Kraft nothwendig jeder andern voraus gehn zu müssen, und daher scheine es mir zweckmäßig, hier eine kurze Uebersicht meiner Theorie von dem Lebens-Princip voraus zu schicken, oder die Art zu erklären, wie ich die Kräfte und Verrichtungen dieses Princips zu betrachten gewohnt bin. 1)

1) In meinen neuen Anfangsgründen der Wissenschaft vom Menschen, die im Anfange des Jahrs 1778 heraus kam, habe ich diese Theorie bekannt gemacht. Ich habe mir vorgenommen, dieselbe in einer andern Gestalt und mit sehr vielen Erläuterungen bereichert, neu auflegen zu lassen.

Digitized by Google

In jedem Theile der Naturgeschichte pflegt man immer dergestalt zu philosophiren, daß man allgemeine und verborgene Ursachen annimmt, und die Zahl derselben nach dem jedesmaligen Zustande der Wissenschaften bestimmt. [2]) Diese Methode dient zur Vereinfachung der Berechnung der Erscheinungen, und giebt der letzteren zugleich eine größere Ausdehnung.

Wenn die Namen dieser verborgenen Kräfte einmal angenommen sind, so wird die Untersuchung der nächsten und unmittelbaren Ursachen durch kein Vorurtheil gehindert. Man gelangt alsdann auf eine sehr leichte Weise zu allgemeinen Formeln oder Bezeichnungen der Analogien dieser Thatsachen; und diese letzteren sind allezeit sehr fruchtbar, wenn man sie im Ganzen übersieht und nach einer strengen Logik prüft.

Nach dieser Methode erscheinen uns alle Lebensverrichtungen des Menschen und der Thiere als Produkte eigenthümlicher Kräfte; und man sieht ein, daß sie nach den ursprünglichen Gesetzen eines Lebens-Princips vollbracht werden.

Die Gesetze dieser Lebenskraft sind gänzlich verschieden von den bekannten Gesetzen der Mechanik, der Hydraulik, der Physik, und der Chemie: eben so verschieden sind sie aber auch von den Kräften des Willens, und der denkenden Seele überhaupt.

2) Man sehe die Einleitung zu meinen neuen Elementen, S. V—X. de Luc hat seitdem auf ähnliche Art von diesem Gegenstande in seinen Briefen über die Geschichte der Erde und des Menschen, Th. I. S. 175—178. (franz. Ausgabe) gehandelt.

Digitized by Google

Vergebens hat man diese physische Gesetze mit den Kräften der denkenden Seele vereinigen wollen, um zu zeigen, wie sich das Leben im Embryo anfängt, wenn der Körper eben erst gebildet wird, und nur potentia lebt, wie Aristoteles zu sagen pflegte. Es geht aus allem diesem keine Theorie hervor, die, einer genaueren Prüfung unterworfen, die geringste Wahrscheinlichkeit behielte. Darin scheinen auch jetzt alle unparteiliche und aufgeklärte Männer überein zu stimmen.

Alles, was wir bis jetzt hierüber erkennen, besteht darin, daß, wenn die Organisation des Menschen einen bestimmten Grad von Entwickelung und Vollkommenheit erlangt hat, die allgemeine Natur in ihm Kräfte hervor bringt, wodurch die Erscheinungen des Lebens erzeugt werden.

Man nenne das Lebens-Princip, wie man wolle: Natur, Archäus, Seele, u. s. w.: nur hüte man sich, die Bestimmungen dieses Princips auf die Kräfte der Seele oder auf die Leidenschaften des Archäus zu beziehen. Auf diese Weise haben Helmont, Stahl und andere ihrer Nachfolger gefehlt.

Vergleicht man die Lehren aller dieser Schriftsteller über die wichtigsten Verrichtungen des Lebens mit der meinigen; so wird man bald einsehn, wie verschieden die letztere von jenen, ja, wie sehr sie ihnen oft entgegen gesetzt ist.

Ist meine Lehre neu, so fragt sich, ob sie mit gehöriger Strenge aus den bis jetzt beobachteten Thatsachen abgeleitet ist. Hat sie diesen Vorzug, so muß eine beträchtliche Menge neuer und nützlicher Anwendungen von

Digitized by Google

derselben auf die Naturlehre des Menschen und auf die Heilkunst gemacht werden können.

Unter andern allgemeinen Resultaten, die ich aus bekannten Thatsachen abgeleitet, glaube ich gefunden zu haben, daß in den Muskeln des lebenden Thiers eine Kraft der festen Lage der Theilchen ihrer Faser vorhanden ist. 3) Diese Art von Lebenskraft ist von der Contractilität sehr verschieden: niemals hat man sonst ihre Existenz geahnt.

Die Beobachtung dieser Kraft dient zum Beispiele, wie nützlich es in der organischen Naturlehre ist, wenig beobachtete Thatsachen genau zu verbinden und zu ordnen.

Solcher Dinge mag es noch eine beträchtliche Menge geben: man kennt sie nur nicht, und die Schriftsteller übergehn sie entweder, oder erklären sie nicht gehörig. Aus Vorliebe für das System, dem sie ergeben sind, vernachlässigen sie diese Facta, welche zu Ausnahmen hinführen; oder sie stellen sie schief dar, weil sie dieselben mit den einmal willkührlich angenommenen Sätzen vereinigen zu müssen glauben.

Die Kräfte des Lebens-Princips hängen jedem Theile des belebten Körpers an, und erzeugen die eigenthüm-

3) Neue Elemente, S. 77 f. Diese Lehre ist die einzige von den mir eigenthümlichen, welche ich in dieser neuen Mechanik ein oder zwei Mahl angewendet habe.

Aber in der Schrift, die ich über die gichtischen Krankheiten heraus zu geben denke, werde ich hoffentlich zeigen können, wie nützlich die Betrachtung dieser Kraft der festen Lage in den Muskeltheilen ist, und wie sehr man sie selbst auf die Sehnen und auf das Beinhäutchen anwenden kann.

Digitized by Google

lichen Bewegungen desselben. Doch können die letzteren nicht lange bestehn, ohne Gemeinschaft, oder Mitleidenschaft der Kräfte jedes einzelen Organs mit dem ganzen Systeme.

Dergestalt wird die Fähigkeit eines Muskels sich zusammen zu ziehn, nur so lange erhalten, als die Nerven und Blutgefäße desselben mit den übrigen eine freie Gemeinschaft unterhalten: zu der letzteren gehört, als nothwendige Bedingung, die unverletzte Beschaffenheit dieser Nerven, und dieser Gefäße, und ihrer Ursprünge. Nur dies allein sagen die Facta, welche über die Zusammenziehung der Muskeln bekannt geworden sind, wie es schon vor mir Albinus angedeutet hat.

Fruchtlos sind bis jetzt alle Versuche gewesen, die Gemeinschaft der lebenden Kräfte zu erklären: man mochte nun Oscillationen in Fasern und Häuten annehmen, die man sich auf die mannigfaltigste Weise verschieden dachte; oder man mochte eine eingebildete Flüssigkeit, der man den Nahmen der Lebensgeister beilegte, zu Hülfe nehmen.

Bey den Verrichtungen des lebenden Menschen muß man mit Sorgfalt den Mechanismus seiner Organe studiren; man darf aber auch den Einfluß nicht übersehn, den die Bewegungen des Gemüths auf den Körper haben. Vor allen verdient das sympathische Wesen, welches, zufolge der ursprünglichen Gesetze, die Uebereinstimmung der Organe erzeugt, eine genauere Betrachtung.

Auf diese Methode, die Kräfte und Verrichtungen des Lebens-Princips zu betrachten, gründen sich die Werke,

Digitized by Google

die ich seit mehr als zwanzig Jahren heraus gegeben. Damals war sie den meisten Kunstrichtern so unwahrscheinlich, daß sie glaubten, man dürfe nur die vorzüglichsten Sätze dieser Lehre ausheben, um sie zu verdammen. 4)

Meine Zeit schien mir zu kostbar, um sie mit förmlichen Widerlegungen dieser Tageblätter zu verschwenden. Brachte mich die Unbilligkeit derselben vielleicht um einige günstige Leser, so ward ich dafür durch den ehrenvollesten Beifall entschädigt, den meinen neuen Anfangsgründen die aufgeklärtesten Köpfe in Frankreich, England und Italien schenkten. Statt aller übrigen sey es mir vergönnt, bloß mir den berühmten Cullen zu nennen. 5)

In der geraumen Zeit, die seit der Herausgabe jenes Werks verflossen ist, habe ich Gelegenheit gefunden, eine vollkommene Genugthuung zu erhalten. Denn in verschiedenen deutschen Zeitschriften, die anfangs meine Theorieen (über die Lebenskraft, als Ursache der Hallerschen

4) Einer von ihnen beschuldigte mich der Leichtgläubigkeit in der Annahme der Thatsachen, worauf ich meine Grundsatze gebauet hatte. Aber diese Beschuldignng verrieth seine Unwissenheit. Denn jede der angeführten Thatsachen, die ihm fabelhaft schienen, mußte unterrichteten Lesern, wegen der großen Menge ähnlicher Thatsachen, die man darauf beziehn konnte, sehr wahrscheinlich werden.

— — Fragili quaerens illidere dentem
offendit solido. — — — —

Horat.

5) In der Vorrede zu seinen first lines of the practice of physic, p. XIII.

Reizbarkeit, über das Leben jedes festen und flüssigen Theils des Körpers, über die Erzeugung der Hitze und der Kälte bey verschiedenen Bewegungen) verworfen hatten, in eben diesen Journalen sprach man nachher mit großen Lobeserhebungen von diesen Theorien, seitdem man sie in den neuesten Schriften der Herren Metzger, Blumenbach und anderer gefunden hatte. 6)

6) In der Einleitung zu meinen neuen Anfangsgründen, und in meiner nova doctrina de functionibus naturae humanae, p. 48. habe ich als Beispiel die plastische Kraft angeführt, die man, unter diesem oder irgend einem andern Nahmen, auf die Theorie von der Bildung des Menschen und der Thiere anwenden müsse.

H. Blumenbach hat die Sache genau aus demselben Gesichtspunkte angesehn, wie dies seine seitdem erschienene Schriften beweisen. Er sagt, daß die vorzüglichsten Umstände bei der Erzeugung durch eine eigenthümliche Kraft hervor gebracht werden, die er mit dem Nahmen: *nisus formativus*, oder Bildungstrieb, belegt. Sowie ich, (Einleitung, S. VI. X.) behauptet auch er, daß der Nahme dieser Kraft eben so viel gelten müsse, als Newton's Gravitation oder Attraction, daß derselbe eben so wenig eine eitle Bezeichnung irgend einer verborgenen Kraft sein könne. Diese Kraft, sagt er, kennen wir nur durch ihre beständige Wirkungen, ihre Ursache aber vermögen wir nicht zu erklären. (*Blumenbach* instit. physiol. n 591.)

Derselbe Schriftsteller hat über dies, trotz seiner Anhänglichkeit an das Hallersche System, die Absonderungen und andere Lebensverrichtungen durch das erklärt, was er vita propria der verschiedenen Theile des Körpers nennt. (Seine Physiologie, N. 47. 475. Ausgabe von 1787.)

Digitized by Google

Seit einigen Jahren ist endlich diese Art, die Naturlehre des Menschen zu behandeln, allgemein angenommen worden, ungeachtet man sich bisweilen Nahmen und Ausdrücke bedient, die von den meinigen verschieden sind. Daran liegt indessen gar nichts.

Ich komme nun zur Betrachtung der nächsten und mechanischen Ursache der thierischen Bewegungen, die ich in diesem Werke aus einander zu setzen denke. Es eröffnet sich ein großes Feld zu nützlichen Untersuchungen, wenn man bestimmen will, wie jede dieser Bewegungen, nach den Gesetzen der Mechanik, durch die verbundene oder auf einander folgende Action verschiedener Muskeln auf die Knochen hervor gebracht werde.

Diese Art der Untersuchungen ist wirklich noch neu, ungeachtet man sie erschöpft glaubt, weil man das berühmte Werk Borelli's de motu animalium nicht gehörig kennt. Die wesentlichen Mängel dieses Buchs hoffe ich indeß deutlich zeigen zu können.

Das Werk selbst zerfällt in zwei Theile, deren letzter sich mit den innern Bewegungen beschäftigt, die die Verrichtungen des Herzens und des Athmens erzeugen. Aber diese Physiologie, deren Lehren heut zu Tage fast ganz vergessen sind, hat nie zur Ausbreitung des Ruhms, welchen dieses Werk erhalten, viel beigetragen.

Der erste Theil handelt von den fortschreitenden oder äußern Bewegungen der Thiere. Hier sucht Borelli vorzüglich Anwendungen von seiner Hauptentdeckung zu machen. Er hatte nämlich zuerst, gegen die allgemeine Meinung der Alten, beobachtet, daß, wenn die Thiere einen, auch geringen, Widerstand überwinden, ihre Mus-

Digitized by Google

keln einen großen Aufwand von Kräften machen müssen. Dies bewies er dadurch, daß er zeigte, jeder Muskel sey dem Mittelpunkte der Bewegung in seiner Insertion viel näher, als die Last, die er um diesen Mittelpunkt bewegen soll. Diese Entdeckung hat den Ruhm dieses Werks gesichert, und es enthält auch außerdem eine Menge der scharfsinnigsten Betrachtungen.

Nichts desto weniger glaube ich mit Grunde behaupten zu können, daß Borelli übrigens den Plan, den er sich vorgesetzt, schlecht ausgeführt, ja, daß er von allen Problemen über die verschiedenen fortschreitenden Bewegungen des Menschen und der Thiere falsche Auflösungen geliefert hat.

Bey diesen Auflösungen muß man die unrichtigen mechanischen Voraussetzungen von den Meinungen über die nächste Ursache dieser Bewegungen unterscheiden. Was Borelli's Irrthümer in Rücksicht der Grundsätze der Mechanik betrifft, so sind sie von vielen Mathematikern, nahmentlich von Varignon, Parent, Pemberton und Hamberger, bündig widerlegt worden. Aber seine Hypotheſen über die nächste Ursache der fortschreitenden Bewegungen, so durchaus unrichtig sie auch sind, werden gleichwohl von allen Schriftstellern angenommen, die nach ihm denselben Gegenstand bearbeitet haben: sogar die Mathematiker, welche die Falschheit seiner mechanischen Grundsätze erwiesen, haben ihm doch in Rücksicht der letztern Hypotheſe beigestimmt.

Fast alle Schriftsteller, die durch die Mechanik die Muskular-Bewegung erklären wollten, sind in den Irrthum verfallen, daß die Erde, die Luft und das Wasser

nicht allein die nothwendigen Unterstützungspunkte dieser Bewegungen darbieten, sondern daß sie auch nach dem erhaltenen Eindrucke auf ähnliche Weise zurück wirken, und dergestalt eine zusammen gesetzte Bewegung hervor bringen, die die Ursache des Fortschreitens ist.

Wenn aber diese zurück wirkende Kraft nicht einerlei mit der Federkraft der Erde, oder mit der Elasticität der Luft und des Wassers ist, so ist sie auch durchaus nur eingebildet; und man giebt wahrlich keinen Begriff von dieser Kraft, wenn man, wie bisher geschehn, immer nur sagt, daß sie eine reflectirte Bewegung, eben so wie die Elasticität, erzeuge.

Gassendi war der Erste, der da zeigte, daß jedes fortschreitende, fliegende, schwimmende, oder kriechende Thier eigentlich den Körper, auf den es sich stützt, nach hinten preßt, indem es sich vorwärts bewegt: auf solche Art treibt der Widerstand dieses Körpers das Thier gleichsam vorwärts. 7)

Carteſius sagt, die Ursache, warum man sich beim Springen erhebt, liege bloß in der Reflexion der Kraft, mit welcher die Füße auf die Erde pressen, ehe man den Sprung macht. Nach Willis Meinung kann man den Sprung nicht ohne die Elasticität der Organe begreifen.

Mit Borelli haben alle neuere Physiologen, sogar die berühmtesten, als Hamberger und Haller, das Fortschreiten und Springen der Thiere durch eine Reaction oder einen Widerstoß des Bodens zu erklären ge-

7) *Gassendi* opp. tom. II. p. 531.

ſucht. Borelli's Theorie vom Springen giebt als Urſache der Entfernung des Körpers vom Boden eine eigene Kraft an, welche der Federkraft ähnlich iſt, womit ein zuſammen gedrückter Körper ſich wieder erweitert.

Neuere Schriftſteller haben ſogar eigene Springfedern in den unteren Gliedmaßen angenommen, wodurch dieſelben in die Höhe geſchnellt werden, wenn ſie auf den Boden gepreßt haben.

Auch ſpricht Borelli von einer Exploſion der Streckmuskeln des Kniegelenks, als Urſache der Erhebung des Körpers beim Sprunge. Mayow behauptet, um dieſe Idee zu erklären, daß der Körper vermöge des Hüftgelenks den Sprung vornimmt: dieſem, meint er, theilen die Strecker des Knies eine Bewegung mit, welche der Bewegung der Wurfmaſchinen ähnlich iſt. Aber Mayow erklärt nicht, auf welche Weiſe der ganze Körper ſich nach dieſer Bewegung richtet, noch, wie derſelbe aufhört, ſich auf den Boden zu ſtützen; da doch die Kraft der Streckmuskeln des Knies, wodurch ſich der Körper erhebt, dieſelbe iſt, womit er ſich auf den Boden ſtützt.

Parent verſuchte auch das Kriechen der Schlangen durch eine zurück ſtoßende Kraft des Bodens zu erklären: ſo hat man auch bis jetzt geſagt, daß das Schwimmen vierfüßiger Thiere durch die Reaction des Waſſers gegen ihre ſich bewegende Gliedmaßen vollbracht werde.

Endlich iſt es die Meinung Borelli's und aller ſpäterer Schriftſteller über das Schwimmen der Fiſche und über den Flug der Vögel, daß der Schwanz der Fiſche und die Flügel der Vögel als Ruder anzuſehn ſeyen:

Digitized by Google

indem sie diese ausbreiten, so treiben sie die Flüssigkeiten nach hinten, auf welchen sie ruhen; und dadurch, sagt Borelli, wird die Bewegung des Fisches und des Vogels nach vorn und in die Höhe nothwendig.

Dergestalt hat man diese Bewegungen auf Rechnung der Reaction dieser Flüssigkeiten geschrieben: dies ist aber sehr unwahrscheinlich, sogar in Rücksicht auf die Luft, deren Elasticität durch den Schlag der Flügel in der That nur sehr wenig vermehrt werden kann. Ueber dies ist die Vergleichung der Fischschwänze und der Flügel mit Rudern gar nicht passend; denn die letzteren bewegen sich in Gelenken, die sie mit dem Körper bilden.

Aus diesem allen ergiebt sich, wie fruchtlos bis jetzt alle Versuche, die thierischen Bewegungen zu erklären, gewesen sind. Mein Zweck ist erreicht, wenn die von mir in diesem Werke vorgetragenen Theorien der Wahrheit nahe kommen. Hier will ich einen allgemeinen Ueberblick derselben, so wie sie in dem Werke selbst entwickelt werden, voraus schicken.

Das Stehn des Menschen, der vierfüßigen Thiere und der Vögel wird durch den Mechanismus einer großen Anzahl verschiedener Theile bewirkt, welche letztere eben so viele Hebel und Gleichgewichtsmaschinen bilden, die man bis jetzt übersehn hat.

Der natürlichste Gang des Menschen wird hauptsächlich durch den Eindruck hervor gebracht, den der Körper von jedem Fuße erhält, wenn die Strecker der Ferse das Bein um die Spitze des auf dem Boden ruhenden Plattfußes drehen und das Bein dergestalt erheben: so wird der Schenkel nach der bestimmten Richtung fortbewegt.

Digitized by Google

Das Springen geschieht durch die Action derer Muskeln, die die Gelenke des Unterfußes strecken, wenn der letztere vorher gebogen war: dadurch wird der Knochen in der Mitte dieser Gelenke um einen veränderlichen Mittelpunkt der Rotation gedreht: und da der Boden hierbei keine Stütze giebt, so kann der Unterfuß der stärksten unter den Projections-Kräften, die auf ihn wirken, gehorchen, sich vom Boden erheben, und die ganze Last des Körpers dergestalt mit sich fortziehn.

Nach denselben Grundsätzen werden auch der verschiedene Gang und die Sprünge der vierfüßigen Thiere erklärt, wobei das Pferd als Beispiel dient. Es wird in der Folge gezeigt, daß die merkwürdigsten Verschiedenheiten, die man in den fortschreitenden Bewegungen verschiedener Thiere beobachtet hat, in mechanischen Ursachen gegründet sind.

Das Kriechen der Raupen und anderer geringelter Insecten und Würmer, deren Körper sich wellenförmig bewegt, hängt von einem bis jetzt noch nicht bestimmten Mechanismus ab, vermöge dessen jeder dieser Ringe nach allen Seiten über einen mit ihm zusammen hängenden Ring gebogen werden kann.

Das Fortschreiten einer kriechenden Schlange geschieht langsam oder schnell, nachdem die Bogen, die der Körper derselben bildet, entweder nach einander, oder fast zu gleicher Zeit sich krümmen und erweitern.

Beim Schwimmen der Fische biegt sich anfangs der Schwanz in zwei krumme Linien, nach den entgegen gesetzten Seiten, und dann schlägt er das Wasser mit der nöthigen Kraft, indem jene Curven sich plötzlich erweitern.

Digitized by Google

Die Streckmuskeln des Schwanzes üben eine wechselseitige Action aus, die dem Körper des Fisches Projections-Bewegungen mittheilt, welche um die Enden beider krummen Linien erfolgen, und deren Verbindung den Fisch vorwärts treibt.

Auf eine ähnliche Art erfolgt das Schwimmen der Fische mit plattem Körper auf der breiten Fläche desselben, vermöge der Bewegungen des Rückgraths, welches sich wechselsweise hinauf und hinunter biegt.

Beim Schwimmen des Menschen und der vierfüßigen Thiere kommen folgende Umstände in Betracht: 1. der gerade Antrieb nach oben und vorn, den die Füße des Menschen und die Hinterbeine der Thiere dem Körper geben; 2. die wechselseitige Action derer Muskeln, welche die Arme des Menschen und die Vorderfüße der vierfüßigen Thiere nach unten und hinten bewegen. Diese letztere Action ist desto stärker, je mehr das Wasser diesen Bewegungen widersteht: hierdurch wird der Rumpf des Körpers um den oberen Theil des einen und des andern Arms, des einen und des andern Vorderfußes bewegt, und aus diesen in einem Winkel zusammen stoßenden Directionen geht die Diagonal-Bewegung hervor, welche den Körper nach vorn und oben treibt.

Der Flug der Vögel wird auf ähnliche Art durch die wechselseitige Action der Brustmuskeln hervor gebracht, die die Flügel nach hinten und unten bewegt. Diese wechselseitige Action ist wiederum desto stärker, je mehr Widerstand die Luft dieser Bewegung leistet: durch dieselbe wird der Körper des Vogels vorwärts und hinauf nach der Seite getrieben, wo der Flügel am stärksten gewirkt

Digitized by Google

hat, und diese Bewegung erfolgt in der Diagonale, wenn dieselben Muskeln in beiden Flügeln zugleich wirken.

Verschiedene Vögel machen beim Fliegen stärkere oder schwächere Versuche, den bewegenden Kräften ihrer Flügel und ihres Schwanzes die Richtung nach dem Schwerpunkte zu geben, damit ihr Körper beim Fliegen nicht um diesen Mittelpunkt gedreht werde, und dergestalt beständig seine Richtung verändern müsse.

Die Luft, die, nach Campers Entdeckung, in den Knochen der Vögel befindlich ist, kann unstreitig eine ziemlich beträchtliche Gegenwirkung ausüben, besonders wenn sie beim mühsamen Ausathmen mit Gewalt in die Knochen eingetrieben wird. Dies letztere wird besonders durch die beim Fliegen statt findende Verengerung der Stimmritze bewirkt.

Der Flug der Vögel kann durch diese Gegenwirkung der innern Luft sehr befördert werden, nachdem dieselbe ihr Verhältniß in den oberen Flügelknochen oder in den übrigen Knochen des Körpers ändert; und diese Verschiedenheiten rühren von der verschiedenen Lage her, die der Vogel seinen Flügeln und den übrigen Theilen seines Körpers giebt.

Natürlich übt diese eingeschlossene Luft ihre Gegenwirkung in Richtungen, welche von den äußeren Luftzügen gänzlich verschieden sind. Dadurch kann sich der Vogel in der von Winden bewegten Luft eher erhalten; dadurch wird er selbst fähig, sich der Wuth der Winde zu widersetzen.

Das Hiſtoriſche meines Werks iſt vielleicht an ſich nicht ſehr wichtig; dennoch glaubte ich hier von der Veranlaſſung zu demſelben und von den erſten Verſuchen einige Nachricht geben zu müſſen.

Wenn ich zeige, daß ich in dem langen Zeitraume mehrere Mahl dieſes Werk umgearbeitet habe; ſo hoffe ich dadurch die Achtung zu beweiſen, die jeder dem Publicum ſchuldig iſt, der eine neue Lehre vorträgt, welche den hergebrachten Meinungen widerſpricht.

Vor fünf und zwanzig Jahren nöthigten mich gewiſſe Umſtände, Borelli's Werk über die Bewegungen der Thiere ſorgfältig zu ſtudiren, und hierdurch wurden meine Unterſuchungen über denſelben Gegenſtand veranlaßt.

In Fontenelle's Lobſchrift auf Chirac hatte ich geleſen, daß Chirac in ſeinem Vermächtniſſe der Univerſität zu Montpellier eine Summe vermachte, die zur Errichtung zweier Profeſſuren angewendet werden ſollte: der eine dergeſtalt beſoldete Lehrer ſollte die vergleichende Anatomie vortragen, der andere aber Borelli's Werk: de motu animalium, erklären.

Dieſe beiden Lehrſtühle ſind nicht errichtet worden. Indeſſen betrachtete ich mich als vorzüglich dazu berufen, Chiracs Wünſche zu erfüllen, indem ich öffentliche Vorleſungen über die Anatomie hielt. Dieſe waren nämlich dem jedesmaligen Kanzler oder dem beſtändigen Oberhaupte der Univerſität zu Montpellier zur Pflicht gemacht, und dieſe Würde eines Kanzlers der Univerſität habe ich achtzehn Jahr lang, bis zur Auflöſung dieſer gelehrten Schule, bekleidet.

Digitized by Google

Die ersten Entwürfe zu dem gegenwärtigen Werke theilte ich in mehreren Aufsätzen mit, die in das Journal des Savans von 1783 bis 1788 eingerückt sind. Den ersten dieser Aufsätze las ich in der Akademie der Wissenschaften zu Paris vor, kurz zuvor, ehe ich Mitglied dieser gelehrten Societät wurde.

Unter den gelehrten Untersuchungen, welche ich zur Erläuterung verschiedener Thatsachen für nützlich hielt, habe ich mehrere in einer öffentlichen Sitzung der Akademie der Inschriften und schönen Wissenschaften zu Paris, im November 1787, vorgelesen.

Bei dieser Gelegenheit bemerke ich, daß meine Untersuchungen dieser Art, die größten Theils in den Anmerkungen zu diesem Werke zerstreut sind, einen Beweis für die Nützlichkeit der Sprachkenntnisse und der schönen Wissenschaften für die Naturgeschichte abgeben können.

Eine große Menge Thatsachen, die Bezug auf die Naturgeschichte des Menschen und der Thiere haben, und die von den Schriftstellern in diese Wissenschaft übergangen sind, findet man in den Werken großer Dichter oder in verschiedenen Schriften der Ausländer aufbewahrt: diesen gaben ihre Lebensart und die Gegend, die sie bewohnten, Gelegenheit, nur eine geringe Anzahl von Gegenständen zu beobachten.

Die großen Dichter, besonders Homer, der erste von allen, liefern in den Gemählden, die sie von den Bewegungen des Menschen und der Thiere machen, mehrere Züge, die von keinem ihrer Commentatoren aufgefaßt sind, die aber den geübten Augen eines Naturfor-

Digitized by Google

schers mit dem eigensten Ausdrucke der Wahrheit auffallen, und ihn zur Aufspürung der Ursachen reizen.

Unter den Völkern, deren Lebensart, so wie die Wüsten, die sie bewohnen, nur eine kleine Anzahl von Gegenständen zur Beobachtung darbietet, verdienen die Araber den ersten Platz; denn ihre feurige Einbildungskraft begünstigt die vielseitige Betrachtung dieser Gegenstände. Daher ist auch ihre Sprache so reich an Ausdrücken, welche die verschiedenen Bewegungen des Menschen und der Thiere bezeichnen. Andere Nationen haben diese Bewegungen entweder gar nicht beobachtet, oder sie nicht genau genug erwogen, um ihnen eigenthümliche Nahmen beizulegen.

Ich glaube, wenn man von den in diesem Werke erwiesenen Sätzen ausgeht, so wird man unzählige Erörterungen hinzu thun können. Und ich wünsche, daß die ferneren Fortschritte, die man auf der von mir eröffneten Laufbahn machen wird, sich so viel als möglich vervielfältigen mögen, damit dieses Buch einst für nichts mehr als für den ersten Versuch in einer neuen Wissenschaft angesehn werde.

Zum Schlusse dieser Vorerinnerungen glaube ich die Gründe angeben zu müssen, welche mich zu einer Anstrengung bewogen, die man seit geraumer Zeit bei den Arbeiten der Gelehrten vermißt: auch muß ich Rechenschaft von der Ursache geben, warum ich dieses Werk gerade jetzt, unter ungünstig scheinenden Umständen und bei dieser allgemeinen Richtung der Gemüther auf ganz andere Gegenstände, bekannt mache. 8)

8) Wenn man sieht, daß die Aufmerksamkeit der Zeitgenossen

Die Zerrüttung meiner Gesundheit, welche durch eine fünf und dreißig Jahr lang ununterbrochen fortgesetzte Anstrengung des Geistes beim öffentlichen Unterrichte und bei der Ausübung der Kunst außerordentlich gelitten hat, bestimmte mich, in meinem Vaterlande einen Ort aufzusuchen, wo ich, abgeschieden von der Welt, meine übrigen Jahre in Ruhe zubringen könnte.

Die ungewohnte Muße, deren ich hier genieße, nöthigt mich zu beständigen Arbeiten des Geistes. Oft wiederhohle ich mir, was Martial sagte, da er nach einem langen Aufenthalte in Spanien nach Rom zurück kehrte: „Wenn ich in dieser Einsamkeit der Provinz nicht studire, „selbst mit übermäßiger Anstrengung: so gewährt mir „meine einsame Muße keine Beruhigung; so bietet sie „mir keine Gründe dar, sie zu entschuldigen.“

Da mich meine schwächliche Gesundheit verhindert, öffentlichen Unterricht in der Medicin zu geben, so glaube ich dennoch meine Pflicht auf die Weise erfüllen zu müssen, daß ich verschiedene Werke bearbeite, die zur Verbreitung medicinischer Kenntnisse beitragen können.

Wenn ich dem Publicum die Resultate meiner vieljährigen Untersuchungen darlege, so thue ich der lobenswürdigen Gesinnung eine Genüge, die Seneca ausdrückt, da er sagt, daß er sich freue, etwas zu erlernen, damit er es andern wieder mittheilen könne. „Sollte

zwischen öffentlichen und Privat-Angelegenheiten getheilt ist, so muß man, wie Vitruvius, (praefat. ad lib. V. architect.) darauf Verzicht thun, ein großes Publicum für wissenschaftliche Werke zu finden.

Digitized by Google

„mir", setzt er hinzu, „die Weisheit unter der Bedingung „geschenkt werden, daß ich sie in mich verschließe, so wür„de ich ihr lieber entsagen." 9)

Jeder Mann, der sich mit ernsten Wissenschaften beschäftigt, ist verpflichtet, seinen Beitrag zum Schatze nützlicher Kenntnisse zu geben, damit derselbe sich allmählig vermehren könne. Dieser Beweggrund muß stärkeren Einfluß auf ihn haben, als die Begierde nach Ruhm, wiewohl die letztere allerdings rechtmäßig und der Ruhm unstreitig ein Gut ist, man mag auch sagen, was man will.

Der Ruhm ist eines der wahrsten Güter, welche die Menschen genießen können. Aber es ist Pflicht, den Preis, um welchen man Ruhm erlangt, aufs unparteilichste zu berechnen; denn oft fordert er Opfer, die der Mann von Gefühl mit dem wahren Werthe gar nicht vergleichen kann.

Die Ruhmbegier ist der Gemüthsruhe nachtheilig, welche den eigentlichen Grund unseres Glückes ausmacht. Sie bringt künstliche Bedürfnisse hervor, welche, je mehr sie sich vervielfältigen, desto schwerer zu befriedigen sind. Sie erzeugt Sorgen und Ueberdruß, die vom Wege der Wahrheit ableiten: und dennoch gewährt das Forschen nach Wahrheit jedem guten Gemüthe die angenehmste Beschäftigung, ohne daß die Eigenliebe dabei mit ins Spiel kommt.

Der gelehrte Ruf, der eine Belohnung der Talente sein sollte, wird oft nicht nach Würden vertheilt; und

9) *Senec.* epist., VI.

man sieht, daß selbst die Macht des Glücks eine geraume Zeit lang auf die besten Werke wirkt.

Ueber dies ertheilt ein selbst in aufgeklärten Zeiten allgemeines Vorurtheil den ersten und nützlichen Wissenschaften weniger Ruhm, als den Werken des Geschmacks. 10) Dieses Vorurtheil wird vorzüglich von denen unterstützt, die eine besondere Stärke in den schönen Künsten zu haben vermeinen, und die am liebsten auf Kosten derer triumphiren, welche außer ihrer Sphäre arbeiten. Zu einer Zeit, da die Versuche in den schönen Künsten bei der größten Mittelmäßigkeit dennoch außerordentlich vielfach sind, muß jenes Vorurtheil neue Stärke gewinnen.

Dergleichen Betrachtungen können bei Menschen von nicht gemeiner Denkart die Ruhmbegier allerdings schwächen. Aber viele von ihnen waffnen sich gegen die Unbilligkeit der Zeitverwandten durch die Hoffnung, noch bei der späten Nachwelt im Andenken zu bleiben.

Diese Aufmerksamkeit auf das Urtheil der Nachwelt ist eine von jenen erhabenen Ideen, die die Natur in Menschen, welche in Gesellschaft leben, zu bestimmten, aber oft unerkannten Zwecken erweckt. Meistens werden sie durch die Lockungen dieser Einbildung verführt: und doch sagt ihnen der gesunde Menschenverstand eben so deutlich als die erhabenste Philosophie, daß, wenn sie sich

10) Mutas agitare inglorius artes, sagt Virgil, indem er von der Medicin spricht. Aber man muß mit Plinius bekennen, daß man sich der göttlichen Natur nähert, wenn man den Menschen wohlthut. „Deus est mortali iuvare mortalem" (*Plin.* hist. nat., II. 7)

an ein Phantom von Ehre, die sie nach dem Tode erwartet, hängen, sie nur den Schatten eines Traumes verfolgen.

Aber was nicht ein Traum ist, das ist die innere Beruhigung, die ein Mensch, der dem treuen Hange seiner Pflichten folgt, empfindet, wenn er sich bewußt ist, die Masse der Kenntnisse vermehrt, oder die Summe der Uebel, die das menschliche Geschlecht betreffen, vermindert zu haben. Dieser Beweggrund ist allein des Schweißes eines Edeln werth: dieser hindert ihn, auf dem Punkte des Erdbodens, wo er sich befindet, und in der kurzen Spanne der Zeit, die ihm zugemessen ward, ein pflanzenartiges Leben zu führen: und die Gesinnungen, die im Gefolge jenes Gefühls sind, erheben ihn über das eitle Verlangen nach einem vieljährigen Ruhme, den die Welt Unsterblichkeit nennt.

Digitized by Google

Erster Abschnitt.

Vom

Mechanismus des Stehens.

Stehen nennt man die mehr oder weniger aufrechte Stellung des Menschen und der Thiere, die dadurch erhalten wird, daß die Beine des Menschen und der Thiere, indem sie sich auf die Erde oder eine andere feste Grundfläche stützen, den Körper aufrecht erhalten.

Dieses Stehen findet entweder im Zustande der Ruhe oder während der fortschreitenden Bewegung statt. [1])

Die Theorie des Mechanismus des Stehens ist der Gegenstand der ersten Untersuchungen in diesem Werke.

Aber zuvörderst entsteht eine oft wiederhohlte Frage: ob nämlich der Mensch wirklich von Natur zweifüßig ist; das heißt: ob er nothwendig nur auf seinen Beinen, oder zugleich auch auf den Händen gehn müsse, und ob ihm also der Wink der Natur nicht vielmehr den vierfüßigen Thieren beigezählt habe?

Aristoteles sagt, der Mensch sey von Natur nur zweifüßig. [2]) Lord Monboddo findet, daß die Meinung des alten Weisen von Stagira eigentlich sey: der

1) Sustention oder Sustentation kann man die Verrichtung des lebenden Körpers nennen, die das Stehen hervor bringt und sichert. Parent bedient sich des Wortes: Sustentation, in diesem Sinne, worin es mehrere alte Schriftsteller, unter andern Lucilius, genommen habe. Dieser sagt: truncus sustentatur coxendicibus.

2) De animalium incessu, c. 5.

Digitized by Google

Mensch habe von Natur eine größere Fähigkeit oder Geschicklichkeit, nur auf zwei von seinen Gliedmaßen den ganzen Körper zu tragen.

Er setzt hinzu, nur diese Fähigkeit, und nichts weiter, werde durch alle die Gründe erwiesen, welche Rousseau für den aufrechten Stand des Menschen angegeben habe. 3) Und in der That erhärten die Argumente Rousseau's, und nach ihm Daubenton's, 4) jene

3) Disc. sur l'inégalité des hommes, n. 3. p. 148. (ed. de Deuxponts 1782)

4) Daubenton bemerkt, (Encyclopéd. méthod. introd. p. XX, XXI.) daß das große Hinterhaupts-Loch bei Menschen fast in der Mitte der Grundfläche des Schädels in einer beinahe horizontalen Fläche sich befinde, da es bei Thieren in einer mehr schiefen Stellung, fast am hintern Ende der Grundfläche des Schädels, stehe. Dies folgt aus der Verlängerung des Theils des Kopfes, der die Schnauze oder das Antlitz bildet.

Nach Daubenton's Meinung ist diese Lage des Hinterhaupts Lochs, wenn der Mensch auf Händen und Füßen geht, ein Hinderniß, daß er den Kopf nicht gehörig erheben kann, um das Gesicht nach vorn zu richten und vor sich hin zu sehn. Denn dieser Bewegung des Korfes steht der Vorsprung oder die Convexität des Hinterhaupts entgegen, wodurch dasselbe sich mehr der Wirbelsäule nähert. Auch, wenn er sich in einer solchen Stellung zur Erde bücken will, so erlaubt ihm diese Lage des Hinterhaupts-Lochs nicht, mit den Kiefern die Erde zu berühren, wie es vierfüßige Thiere thun, sondern er kann die Erde bloß mit der Stirn erreichen.

Indessen kann der Mensch, dieser Lage des Hinterhaupts-Lochs ungeachtet, dennoch die Stellung vierfüßiger

Behauptung keinesweges: auch ist dieselbe nicht allgemein wahr, weil man in dem ersten Alter des Lebens doch gewiß eine nothwendige Ausnahme findet.

Auch bemerkt Rousseau mit Recht, daß alle Menschen, die in Wäldern oder Gebirgen wild gefunden wurden, auf allen Vieren gingen. 5) Mit vieler Mühe lehrte man den Wilden aufrecht gehn, der im vierzehnten Jahrhundert bey Cassel gefunden wurde. Rousseau meint auch, die Kinder der Karaiben und der Hottentotten gingen so lange auf den Händen, daß es sehr schwer wäre, sie aufrecht gehn zu lehren.

In dem ersten Alter ist der Mensch von Natur vierfüßig: in der Folge aber ist es sein natürlicher Zustand, sich bloß der Beine zum Gehen zu bedienen. 6) Wird in

Thiere nachahmen und beibehalten, indem er selbst das Antlitz nach vorn und oben wendet, und mit den Händen das aufnimmt, was an der Erde liegt.

5) Haller führt ein widersprechendes Beispiel von einem wilden Mädchen an, das 1731 in einem Walde bei Chalons an der Marne gefunden wurde, und aufrecht ging. Allein dieses Mädchen war in seiner Kindheit ohne Zweifel ausgesetzt und verlassen worden, weil es zu verstehn gab, daß es über ein großes Wasser hergekommen sei.

6) Es liegt unstreitig etwas daran, daß man zugiebt, der Mensch gehe in seiner ersten Kindheit auf allen Vieren. Wird das Kind zu frühzeitig gewöhnt, sich bloß der Füße zum Gehn zu bedienen; so können die Unterfüße durch die Last des Körpers gekrümmt werden. (Hagendorn.) Die Weichheit der Beckenknochen bringt sie zum Nachgeben, und die Pfanne des Hüftgelenks wird entstellt; daher fangen solche Kinder an zu hinken. (Heuermann.)

Digitized by Google

den Jahren seiner Kindheit der aufrechte Gang nicht angewöhnt, so bleibt er freilich vierfüßig.

I.

Wenn der Mensch aufrecht steht, so bildet der Rückgrath schwache Krümmungen, die nach entgegen gesetzten Richtungen hingehn. Die Wirbel bilden Bogen, deren Convexität im Halse nach vorn, 7) im Rücken nach hinten, und in den Lenden wieder nach vorn gerichtet ist.

Diese wechselseitige Krümmungen, die alsdann die Wirbelsäule bildet, nähern sie in diesen verschiedenen Theilen der Linie, die durch den Schwerpunkt des ganzen Körpers geht und mit der Grundfläche des stehenden Körpers einen rechten Winkel macht, oder sie entfernen sie von derselben.

In dieser ausgeschweiften Stellung der Wirbelsäule werden die verschiedenen Theile des Kopfes, der Brust-

7) Gewisse Menschen ziehn sich eine Steifigkeit in dieser Krümmung der Halswirbel zu, wenn sie die natürliche Biegung der Wirbel nach vorn verstärken: dadurch wird die gewöhnliche Höhe des Halses und des oberen Theils der Brust verkürzt. Sie geben sich diese Bildung durch die vereinigte Action der musc. sternomastoideorum, die den Kopf gegen die Wirbelsäule des Halses drücken; durch die Wirkung der langen und Quermuskeln des Halses, die die Wirbel mit einander verbinden; und vermöge der großen gezähnten Muskeln, die die Schultern erheben und zugleich zur Erschlaffung der rautenförmigen Muskeln beitragen. Auf diese Art wird die Biegung der oberen Rückenwirbel erleichtert, da die rautenförmigen Muskeln sich an die Dorn-Fortsätze der letzteren ansetzen.

Digitized by Google

höhle, und des Unterleibes, die an dieser Säule hängen, auf beiden Seiten der Linie, die durch den Schwerpunkt geht, im Gleichgewichte erhalten. Bei einem langen Stehen bemerkt man allezeit ein schwaches Wanken oder eine leise Bewegung einzeler Theile.

Diese wankende Bewegung entsteht zuvörderst davon, daß die Streck- und andere Muskeln, welche die Gelenke des Körpers bewegen, nicht lange in dem Zustande einer vollkommen gleichförmigen Zusammenziehung verharren können: dann davon, daß die sehr beweglichen Knochen sich mit geringen Oberflächen berühren, und daß zugleich die verschiedenen Gelenkflächen nach der verschiedenen Lage, die die Knochen beim Stehen annehmen können, abweichen müssen. 8) Eigentlich aber sollten die Knochen immer dieselbe Richtung behalten, damit die Axe des Schwerpunkts beständig einen rechten Winkel mit der Grundfläche bilde.

Diese wankende Bewegung treibt den Körper, bald nach vorn, bald nach hinten, von der Axe des Schwer-

8) Zum Beispiele mögen die Gelenk-Verbindungen des Schenkelbeins mit den Beckenknochen dienen. Steht der Körper aufrecht, so berühren sich der Kopf des Schenkelbeins und die Pfanne des Hüftgelenks nur in einer geringen Fläche. Diese Fläche kann aber nach der verschiedenen Form, die in verschiedenen Stellungen die Fasern des runden Gelenkbandes annehmen, mehr oder weniger erweitert werden.

Dies scheint mir eine der Bestimmungen dieses Bandes zu sein. Den vorzüglichsten, obgleich bisher verkannten, Nutzen desselben werde ich weiter unten (Abschn. II. §. XII.) angeben.

Digitized by Google

punkts ab. Aber die vortheilhafteste Lage der Theile des Körpers in Rücksicht auf diese Axe des Schwerpunkts wird unaufhörlich durch die fast unmerklichen Bemühungen, der Wirbelsäule ihre natürliche Ausdehnung zu geben, wieder hergestellt.

II.

Die Streckung oder die Bewegung der Theile der Wirbelsäule nach hinten erfolgt in jedem oberen Wirbel, mit seinem unteren Nachbar, in zwei Mittelpunkten der Bewegung. Der eine liegt in der Knorpelverbindung der beyden Wirbelkörper, und der andere in den Gelenkflächen der schiefen Fortsätze. Ist die Streckung bis auf einen gewissen Punkt gekommen, so endigt sie sich in der letzteren Gelenkfläche.

Cheselden hat diese beiden Mittelpunkte der Streckung der Wirbel anerkannt. 9) Er schließt daraus, daß die Streckmuskeln des Rückgraths noch ein Mahl so viel Kraft anwenden müssen, um die Wirbelsäule in einer aufrechten Stellung zu erhalten, als nöthig ist, um die Streckung hervor zu bringen, wenn sie auf die Gelenk-Fortsätze sich stützen muß.

Winslow läugnet diesen zweiten Mittelpunkt der Streckung der Wirbel in den Gelenk-Fortsätzen. 10) Aber er bestreitet das Dasein desselben nur mit sehr schwachen Gründen.

Indessen muß man hierbei Folgendes bemerken:

9) Osteography, ch. 3.

10) Mém. de l'acad. des sciences à Paris, ann. 1730.

Digitized by Google

1. Die Streckung, welche vermöge der Gelenk-Fortsätze erfolgt, ist sehr beschränkt, so wohl wegen des Widerstandes der Gelenkbänder, als auch weil die Zwischenknorpel nur bis zu einem gewissen Grade nachgeben können.

2. Diese Bewegung geschieht nicht wie in einem Gewinde, (en charnière,) sondern sie hält die Mitte zwischen dem Drehen und dem einseitigen Fortschieben, indem die Gelenk-Fortsätze durch wechselseitige Erhabenheiten und unebene Knorpelflächen vereinigt sind. 11)

III.

Bey der Streckung mehrerer Wirbel ruht auf dem unteren, der diese Bewegung mit vornehmen soll, die Last der oberen Wirbelsäule, und aller der Theile, die diese Säule unterstützt. Die letztere widersteht der Streckung der unteren Wirbel, indem sie einen langen Hebelarm bildet, dessen Ruhepunkte theils in dem Zwischenknorpel, der unter dem Körper dieses Wirbels liegt, theils in den Gelenkflächen der schiefen Fortsätze desselben sich befinden.

Um diesen Widerstand zu überwinden, agiren die Streckmuskeln, die sich an den Dorn-Fortsatz jedes Wirbels heften, mit beträchtlichem Erfolge, indem dieser Dorn-Fortsatz ihnen einen verlängerten Hebelarm, in Rücksicht auf beide Mittelpunkte der Streckung, darbietet.

Das ist der vorzüglichste Grund der Länge, die die Dorn-Fortsätze haben. Ueber dies mußte die Länge derjel-

11) *Albinus* de sceleto humano, p. 63. Dessen Ossa, tab. 9 u. 10.

ben auch der großen Anzahl der Muskeln angemessen sein, die sich an sie befestigen.

Hieraus sieht man auch, warum diese Länge der Dorn-Fortsätze in den letzten Halswirbeln und in den ersten Rückenwirbeln verschiedener Thiere, derer besonders, die einen sehr großen Kopf oder schwere Hörner auf denselben tragen, so beträchtlich seyn mußte.

IV.

Beim Menschen sind die Dorn-Fortsätze der Hals- und Rückenwirbel etwas nach unten geneigt, aber die Dorn-Fortsätze der Lendenwirbel stehen fast senkrecht auf der Axe der Wirbel.

Winslow sagt, [12]) die Lage der Dorn-Fortsätze, wie Dachziegel über einander, diene dazu, den Rücken unbiegsam nach hinten zu machen. Dies kann indessen nicht die einzige Ursache dieser besonderen Lage seyn: denn in den Lendenwirbeln fehlt dieselbe, wo doch die Biegung nach hinten mehr zu fürchten war, weil die Lendenwirbel beim Stehen einen Bogen bilden, dessen Convexität nach vorn gerichtet ist.

Bertin behauptet: wenn man den Rückgrath gewaltsam strecke, so werde die Uebertreibung dieser Action durch die entgegen gesetzten Richtungen der Dorn-Fortsätze der Rücken- und Lendenwirbel gehindert. Aber die Lage dieser Fortsätze weicht bei den meisten vierfüßigen Thieren noch weit mehr ab: und dennoch können sie ihren Rückgrath sehr gewaltsam strecken, und, bei heftigem Sprin-

12) Traité des os, n. 528.

gen oder anderen Stellungen sogar denselben nach hinten biegen.

Jetzt will ich meine Meinung von dem vorzüglichsten Nutzen der verschiedenen Richtungen, die die Dorn-Fortsätze der Rücken- und Lendenwirbel beim Menschen und bei verschiedenen Thieren zu haben scheinen, vortragen. Dies betrifft aber hauptsächlich die Dorn-Fortsätze der Halswirbel.

V.

Die Dorn-Fortsätze der Wirbel sind verschiedentlich gerichtet, theils von oben nach unten, theils von unten nach oben, um die Action der Streckmuskeln des Rückgraths zu begünstigen.

Vortheilhafter ist ihre Richtung nach unten, als wenn sie nach oben ginge, und wenn die Dorn-Fortsätze dieselbe senkrechte Höhe über der Axe der Wirbelkörper hätten, zu welchen diese Fortsätze gehören. Dieser Vortheil wird besonders in den Theilen der Wirbelsäule erzeugt, wo die vorzüglichste Action der Streckmuskeln darin besteht, den oberen Wirbel dem zunächst unter ihm liegenden zu nähern, wie dies bei den Rückenwirbeln der Fall ist.

Betrachtet man zwei zusammen hängende Rückenwirbel, so ergiebt sich Folgendes:

1. Die Strecker des oberen Wirbels, die sich an den Dorn-Fortsatz befestigen, sind: der Zwischen-Dornmuskel, der den einen mit dem anderen Wirbel vereinigt; ferner: Portionen vom großen Dornmuskel des Rückens; und die Queer-Dornmuskeln des Rückens von der einen und anderen Seite.

2. Die überwiegende unter den Kräften dieser verschiedenen Muskelstränge wirkt auf das Ende des Hebels, womit der obere Wirbel um die Ruhepunkte, die ihm der Zwischenknorpel darbietet, sich bewegt: und die Directions-Linie dieser überwiegenden Kraft fällt in einem niedrigern Punkte mit der Axe der Wirbelsäule zusammen.

3. Die Direction dieser überwiegenden Kraft, welche auf irgend einen gegebenen Punkt des Dorn-Fortsatzes des oberen Wirbels wirkt, macht einen größeren Winkel mit der Wirbelsäule, wenn dieser Dorn nach unten gerichtet ist, als wenn er gerade nach hinten oder wohl gar nach oben steht; voraus gesetzt, daß der Dorn-Fortsatz beständig dieselbe Vertical-Höhe über der Axe des Wirbels behält.

4. In dem ersteren Falle ist der Sinus jenes Winkels ungleich größer, und die senkrechte Linie, die aus dem Mittelpunkte der Streckung oder aus dem Ruhepunkte auf die Directions-Linie der überwiegenden Kraft, (einerlei mit dem Sinus jenes Winkels,) gezogen wird, wird ebenfalls größer: diese Muscular-Kraft wirkt also in diesem Falle mit größerer Leichtigkeit.

Auf der anderen Seite kann man es gleichfalls beweisen, daß, wenn die vorzüglichste Action der Streckmuskeln der Wirbel darin besteht, den unteren Wirbel gegen den oberen zu ziehn, wie dies wirklich bei den Lendenwirbeln der meisten Thiere der Fall ist; so müssen die Dorn-Fortsätze dieser Wirbel die Kraft dieser Muskeln viel mehr erhöhen, wenn sie nach oben, als wenn sie nach unten gerichtet sind; (wiederum voraus gesetzt, daß sie dieselbe verticale Höhe haben.)

Digitized by Google

Aber beim Menschen sind die Dorn-Fortsätze der letzten Rücken- und der Lendenwirbel gerade nach hinten gerichtet, und die Streckmuskeln dieser Wirbel haben also den Zweck, so wohl beim Stehen, als bei fortschreitenden Bewegungen, dem oberen Wirbel seinen vorigen Stand gegen den unteren zu geben.

VI.

Wenn die Streckung der Rückenwirbel vermittelst der Zwischenknorpel erfolgt und bis zu einem gewissen Punkte fortgesetzt ist, so wird sie durch das Spiel dieser Wirbel im zweiten Mittelpunkte dieser Bewegung, den die schiefen Gelenk-Fortsätze bilden, vollbracht. (§. II.)

Man sieht, wie vortheilhaft in Hinsicht auf diesen zweiten Mittelpunkt der Bewegung die Richtung des Dorn-Fortsatzes nach unten, fast in jedem Rückenwirbel ist: diese Richtung läuft fast parallel mit den Gelenkflächen der schiefen Fortsätze jedes Wirbels.

In den letzten Rücken- und in den Lendenwirbeln stützen sich die Bewegungen des Streckens fast gar nicht auf die Gelenkflächen. Der Grund davon ist, weil die Flächen dieser fast senkrechten Fortsätze von vorn nach hinten und von außen nach innen gehen, und dadurch die drehende Bewegung dieser Wirbel beschränken.

Die zwei letzten Rückenwirbel stehen gerade an dem Orte, wo die Wirbelsäule sich am meisten einbiegt. Auf diese Wirbel wirkt also auch der stärkste Eindruck der verschiedenen Biegungen des Rückgraths.

Man sieht, daß diese Wirbel sich auch leichter als die anderen nach vorn und hinten bewegen können; daß

Digitized by Google

sie also auch den überwiegenden Eindrücken, die auf den oberen oder unteren Theil der Wirbelsäule wirken, weit eher nachgeben müssen. Diese Beweglichkeit zu befördern, wurden die letzten Ribben nicht so fest mit den Queer-Fortsätzen der letzten Rückenwirbel vereinigt.

Zu eben diesem Zwecke bekam auch im menschlichen Rückgrathe der letzte Rückenwirbel convexe Gelenkflächen nach oben und unten, vermöge deren er mit den Gelenk-Fortsätzen der nächsten Wirbel innig zusammen hängt. [13])

Man sieht endlich, warum die zwei letzten Rückenwirbel Dorn-Fortsätze haben, welche weder nach oben noch nach unten, sondern gerade hintenaus stehen. Galen eignet dem Dorn-Fortsatze des zehnten Rückenwirbels diese genau horizontale Richtung zu: er stellt sich vor, daß in dem Gewölbe, welches die Rückenwirbel mit einander bilden, dieser gleichsam ein Schlußstein ist, wodurch die übrigen genau mit einander vereinigt werden. [14])

Die Stärke des Körpers giebt sich besonders in dem unteren Theile des Rückens und der Lenden zu erkennen: die Muskeln der letzteren müssen die vorzüglichsten Bie-

13) *Winslow* traité des os secs, n. 598.

14) *Galen.* de usu partium, lib. XII. c. 15. Er nennt den Rückgrath daher ἀξέπης. Vesalius zeigte zuerst die Falschheit dieser Theorie des Galen: aber Gorräus (defin. med. v. σπόνδυλος) glaubte ihn damit zu entschuldigen, daß er annahm, heutiges Tages könne die Beobachtung, welche Galen am zehnten Rückenwirbel angestellt, auf den elften oder zwölften angewandt werden.

Digitized by Google

gungen der Wirbelsäule modificiren, die beim Stehen und bei den fortschreitenden Bewegungen nothwendig sind. Diese besondere Kraft der Lenden wird in den Sprachen der meisten Nationen, besonders der Morgenländer, ausgedrückt.

Wenn die starken Rückenmuskeln bei einer Person, die sich der Schnürbrüste bedient, durch Mangel an Uebung geschwächt werden; so kann sie ihrem Körper, nach abgelegter Schnürbrust, nicht wieder seine vorige Richtung geben, sondern er wirft sich beständig nach vorn, auch pflegt sie sich im Bette nicht wenden zu können. 15)

Ein Gürtel hingegen kann die Kraft der Rücken- und Lendenmuskeln verstärken: wird er in der Nierengegend oder noch etwas höher befestigt, so erleichtert er das Laufen und andere beschwerliche Uebungen. 16) (Abschnitt II. §. XXVII.)

Man sieht auf vielen Denkmählern des Alterthums, daß man sich beim Wettrennen den Unterleib und die Lenden mit einem mehrmals umwundenen Gurte zu befestigen pflegte. 17) Ich glaube sogar, daß die Aegypter sich auf solche Weise, wenn sie zu Pferde saßen, umgürteten, welches Hippokrates, allein unter den Alten, in einer mißverstandenen Stelle anzudeuten scheint. 18)

15) *van Swieten* comment. in aphor. 1060. Boerhaav. Grant hat seitdem dieselbe Bemerkung gemacht.

16) Statores altius cincti. *Petron.*

17) *Stosch* Gemmen: Museum etruscum von Gori.

18) Im Buche von der Luft, den Wassern und Klimaten heißt es: „Die Schlaffheit und Dicke der Scythen

So pflegten auch die Wagenführer bei den Alten die Enden der Zügel sich in Form eines Gürtels um den Leib zu winden. [19]

VII.

Wenn vierfüßige Thiere stehen, so wird die Wirbelsäule in einer wagerechten Stellung erhalten, oder sie ist schwach nach oben gebogen. Diese Krümmung erträgt in der Regel keine entgegen gesetzte Biegung; es müßten denn gewisse starke Anstrengungen, z. B. vor einem heftigen Sprunge, die Streckung der Wirbelsäule so weit treiben, daß sie eine Convexität nach innen annehme.

Um diesem Niederdrücken der Wirbelsäule zu widerstehen, haben die Gelenk-Fortsätze eine sehr zweckmäßige Lage gegen einander.

Wenn man in den beiden Portionen der Wirbelsäule, die zum Rücken und zu den Lenden gehören, zwei benach-

„rühren auch davon her, weil sie sich nicht, wie die Aegypter, „wickeln (σπαργανοῦνται), welches sie, um beim Reiten „gut schließen zu können, nicht für nöthig halten, und „weil sie beständig still sitzen."

19) *Montfaucon* antiquité expliquée, t. III. pl. 162. 163. Hierdurch allein kann man erklären, warum Hippolytus, in die Leinen verstrickt, vom Wagen fiel. Man vergleiche, was Statius (Thebaid. lib. VI. v. 505. 506.) von der Polynice sagt.

Diese Art von Gurt hatte noch den besondern Vortheil, daß, wenn die Pferde schief an den Leinen zogen, dies Ziehen zur Befestigung des Wagenführers auf seinem Sitze beitragen, und ihm mehr Kraft geben mußte, die Pferde anzutreiben, oder zurück zu halten.

barte Wirbel, in Rücksicht auf ihre Entfernung von dem festen Punkte der Bewegungen nach vorn und hinten, betrachtet; so wird man einsehn, daß die Gelenk-Fortsätze desjenigen Wirbels, der diesem Ruhepunkte am nächsten ist, aufs vortheilhafteste eingerichtet sind, um zu verhindern, daß der von diesem Punkte am weitesten entfernte Wirbel nicht niedergedrückt werde.

Denn die Gelenk-Fortsätze des fixeren Wirbels bedecken die Fortsätze des beweglicheren: folglich kann dieser sich nur wenig mit seinem beweglichsten Rande niederbewegen, weil der andere Rand, der mit dem fixeren Wirbel zusammen hängt, sich nicht in dem Bogen des Rückgraths erheben kann.

Stehen vierfüßige Thiere, so sind gewöhnlich die vier Beine etwas nach entgegen gesetzten Richtungen unter der Wirbelsäule gebogen. Diese Richtung ist sehr vortheilhaft, um das Gleichgewicht der verschiedenen Theile des Körpers zu erhalten, besonders wenn der letztere wankt, oder wenn das Thier fortschreitet.

Die Vorderbeine tragen den vorderen Theil des Körpers, wovon ein Theil mit dem Halse und Kopfe im Gleichgewichte stehn muß. Die Hinterbeine tragen den Hinterleib, wovon ein Theil durch die Schwere und die Bewegungen des Schwanzes im Gleichgewichte erhalten wird.

Da bei vierfüßigen Thieren die Vorderbeine gewöhnlich kürzer als die Hinterbeine sind, (wegen der größern Länge der Knochen in den letzteren;) so werden die Gelenke von gleicher Höhe in den Vorder- und Hinterbeinen

nach entgegen gesetzten Richtungen gebogen. 20) Dies ist sehr vortheilhaft, damit, wenn alle vier Beine zugleich wirken, der Körper leichter bewegt oder auf seiner Grundfläche erhalten werden könne.

Bewegt sich das Thier nach hinten, um die Gelenke der Hinterbeine zu biegen, so ist diese Richtung derjenigen entgegen gesetzt, welche der Körper desselben bei der Biegung der Vorderbeine annimmt. Daraus folgt, daß die Gegenwirkungen der Vorder- und Hinterbeine beim Stehen gegen jene Bewegungen ebenfalls einander entgegen gesetzt sind, und deßwegen wird durch diese Bemühungen die Wirbelsäule nach oben gewölbt.

VIII.

Dergestalt können die Beine eines vierfüßigen Thieres nicht mit einer gewissen Kraft aus einander gesetzt werden, ohne daß die Wirbelsäule des Rückgraths sich nach oben biegt, und eine Art von Gewölbe bildet, welches dem Gewichte der übrigen Theile gehörigen Widerstand leistet.

Man muß in der Wirbelsäule zwei Theile unterscheiden, deren verhältnißmäßige Krümmung in verschiede-

20) Uebrigens haben diese Gelenke keine Aehnlichkeit mit einander, und dürfen nicht denselben Nahmen führen. Daher irrt sich Aristoteles, wenn er sagt, daß die Kniee der Vorder- und Hinterbeine vierfüßiger Thiere nach entgegen gesetzten Richtungen gebogen werden. Fabricius von Acquapendente (de motu locali animalium, p. 115.) hat diesen Irrthum aufgedeckt; aber er hätte doch die Affen und Bären ausnehmen müssen.

Digitized by Google

nen Arten von Thieren sehr ungleich ist. Der eine Rückentheil wird durch die Ribben unterstützt, welche sich nach vorn an das Brustbein befestigen; der andere Lendentheil ist von Ribben entblößt, hat zum wenigsten sehr schwache, die nach vorn nicht befestigt sind. Die letztere Portion der Wirbelsäule muß daher weit mehr, als die erstere, der Wirkung der Beine, wodurch der Rückgrath gekrümmt wird, nachgeben.

Uebrigens wirkt an der Grenze dieser beiden Portionen die Last des Körpers sehr vortheilhaft zur Verminderung der Convexität des Rückgraths nach oben. Jede dieser Portionen kann als der Arm eines Hebels betrachtet werden, vermöge dessen die Last des Körpers auf die Stützen wirkt, welche die Vorder- und Hinterbeine darbieten. Nach dieser allgemeinen Bemerkung läßt sich beurtheilen, warum der Esel größere Lasten tragen kann, wenn man sie ihm auf die Nierengegend, als wenn man sie gerade auf den Rücken packt.

IX.

Da die Wirbelsäule durch die Wirkung der Beine gebogen wird; so äußert sich die letztere, so wie der Widerstand, den die Last des Körpers ihr entgegen setzt, in jedem Wirbel vorzüglich auf zwei Punkte, nämlich auf den Körper und auf die Gelenk-Fortsätze dieses Wirbels.

In Hinsicht auf die beiden Mittelpunkte, welche die streckende Bewegung eines jeden Wirbels hat, muß man die mechanischen Vortheile der Länge und der verschiedenen oder entgegen gesetzten Richtungen betrachten, welche die Dorn-Fortsätze der Rücken- und Lendenwirbel

der meisten Thiere haben. Diese Vortheile sind nicht allein beim Stehen, sondern auch bei dem Springen, und bei verschiedenen anderen fortschreitenden Bewegungen, wobei der Rückgrath gehörig fixirt werden muß, nothwendig und wesentlich.

In jeder der beiden Portionen des Rückgraths, dem Rücken- und Lendentheile, sind die Dorn-Fortsätze im Ganzen mehr nach den Orten hin geneigt, wo diese Säule einen stärkeren Bogen bildet: da aber, wo die letztere weniger gekrümmt ist, meistens gegen die Mitte hin, gehen sie fast gerade aus. An der letzteren Stelle beziehen sich auch die Bewegungen der Streckung und Biegung des Rückgraths fast allein auf den Körper der Wirbel.

Wenn die vierfüßigen Thiere stehen oder fortschreiten, so wird bei der Bewegung nach vorn die Säule der Rückenwirbel, die mit den Ribben zusammen hängt, gebogen, und die Wirbel werden dem Widerstande der Bewegung nach hinten entgegen gesetzt, indem die inneren Ränder der Zwischenknorpel zugleich gedrückt werden. Um diese Biegung der Wirbelsäule zu mäßigen, wirkt die Neigung der Dorn-Fortsätze von vorn nach hinten dergestalt, daß die Streckmuskeln auf die verschiedenen Mittelpunkte dieser Bewegung in der Wirbelsäule vortheilhafter wirken können. (§. V.)

Auf ähnliche Weise wirkt die Bewegung des Körpers nach hinten auf die Biegung der Säule der Lendenwirbel, und die Wirkung der Streckmuskeln dieser Wirbel wird durch die Neigung ihrer Dorn-Fortsatze von hinten nach vorn begünstigt. Diese Richtung scheint in den Dorn- und Queer-Fortsätzen der Lendenwirbel um so ausgezeichne-

Digitized by Google

ter zu seyn, je stärker die Bewegung nach hinten als die Bewegung nach vorn ist.

X.

Die Streckmuskeln der Rücken- und Lendenwirbel widerstehen der Last des Körpers, die die Wirbelsäule niederzieht: sie fixiren dieselbe dergestalt, daß sie durch die Wirkung der Vorder- und Hinterbeine leichtlich gekrümmt werden kann.

Während heftiger Anstrengungen beim Ausstrecken des Körpers wirken ohne Zweifel mehrere Streckmuskeln des Rückgraths zugleich, besonders die, deren Fasern sich durchkreuzen, wie z. B. der Zwischen-Dornmuskel und der lange Rückenmuskel. Wirkten diese Muskeln einzeln, so würde vermittelst derselben das Thier sich nur bäumen oder hinten ausschlagen können: so aber beschränken sie den Grad der Streckung durch ihre vereinigte ziehende Kräfte, die nach entgegen gesetzten Richtungen wirken. Zugleich werden die Dorn- und Queer-Fortsätze der zusammen hängenden Wirbel, wegen der Federkraft ihrer Zwischenbänder und vermittelst der Action der Dornmuskeln, leichtlich einander genähert.

Die Zusammenziehung dieser Streckmuskeln, die von den Queer-Fortsätzen der Rückenwirbel kommen und sich an die Dorn-Fortsätze der Lendenwirbel setzen, wird bei vierfüßigen Thieren durch die entgegen gesetzte Richtung der Queer-Fortsätze in den Rücken- und Lendenwirbeln ungemein begünstigt.

XI.

Diese Theorie bestätigt und entwickelt sich desto besser, je mehr Anwendungen von derselben auf den ver-

Digitized by Google

schiedenen Bau der Wirbel in verschiedenen vierfüßigen Thieren gemacht werden.

Ueberhaupt bemerkt man, daß die Dorn-Fortsätze der Rückenwirbel gewöhnlich mehr vom Kopfe nach dem Schwanze, die Dorn-Fortsätze der Lenden aber nach einer entgegen gesetzten Richtung geneigt sind.

Das Pferd und der Elephant besitzen eine größere Anzahl von Ribben als die meisten anderen vierfüßigen Thiere: daher ist bei ihnen auch die Zahl der Rückenwirbel größer, deren Dorn-Fortsätze nach dem Schwanze hin geneigt sind.

Im Kamäleon und im Ameisenbären sind alle Dorn-Fortsätze der Wirbel nach dem Schwanze hin geneigt. Der Grund davon liegt offenbar darin, daß die Ribben dieser Thiere bis in die Beckengegend nach vorn befestigt sind, und daß sie nicht mehr als zwei oder drei Lendenwirbel haben. Die Dorn-Fortsätze ihrer Wirbel mußten aber deßwegen vorzüglich nach dem Schwanze gerichtet seyn, weil gegen diesen sehr starken Theil ihres Körpers der ganze Rumpf oft hingezogen werden sollte. Mit seinem Schwanze hängt sich der Ameisenbär an die Aeste der Bäume auf, und das Kamäleon umschließt sie gleichfalls mit demselben, um sich fest zu halten. [21])

21) Das Beutelthier hängt sich auch an die Aeste der Bäume mit seinem Schwanze: in demselben haben die mittleren Wirbel Dorn-Fortsätze an ihrem unteren Theile. (Philosoph. transact 1698 n 239.)

Dagegen zieht die Muräne ihren ganzen Körper mit solcher Kraft an den Kopf, daß, wenn sie die Angel gefaßt hat, sie sich mit der Spitze ihres Schwanzes anhängen kann.

Digitized by Google

In der Robbe sind alle Dorn-Fortsätze der Lendenwirbel gegen die Beckenknochen geneigt. Die Wirbelsäule, deren Wirkung auf der Grundfläche, die die Beckenknochen darbieten, erfolgen sollte, hat beständig eine schiefe Richtung gegen den Boden. Vermöge der Wirkung der hinteren Gliedmaßen kann sie nicht gebogen werden, weil die letzteren fast in der gleichen Fläche mit der Wirbelsäule liegen, und weil ihr mittlerer Eindruck beinahe senkrecht auf die oberen und unteren Flächen der Körper der Lendenwirbel wirkt.

XII.

Bei vielen vierfüßigen Thieren haben auch die Lendenwirbel Gelenk-Fortsätze, die wechselsweise in einander greifen und die benachbarten Wirbel auf das stärkste vereinigen. Diese Gelenkverbindung findet vorzüglich bei denen Thieren statt, welche mit den Lenden sehr starke Bewegungen vornehmen: sie ist ungemein vortheilhaft, um die übermäßige Einwirkung der Beine herab zu stimmen, wodurch sonst die Säule der Lendenwirbel zu stark gebogen werden könnte.

Dieselbe Gelenkverbindung ist in denen Thieren außerordentlich stark, die man mit Bellini recto-prona nennen könnte, die nämlich sich bisweilen mit gekrümmtem Rücken halb aufrecht setzen, wie die Katze, das Eichhorn und der Affe zu thun pflegen. In dieser

Man würde ihr eher den Kiefer ausreißen, als ihr die Angel nehmen können. Auch hat man bemerkt, daß die Grä-ten bei der Muräne nicht, wie bei andern Fischen, nach dem Schwanze, sondern nach dem Kopfe gerichtet sind.

Stellung wirkt die Last des Körpers in einer Richtung, die gegen die gemeinschaftliche Axe der Körper der Lendenwirbel geneigt ist: hierdurch werden diese Wirbel nach hinten, wo ein fester Punkt ist, getrieben; aber diese Wirkung kann diese Wirbel desto weniger biegen, je mehr Widerstand ihre Gelenkverbindung leistet. 22)

In denen Thieren, wo diese Gelenkverbindung der Fortsätze bemerkt wird, fängt sie in den letzten Rückenwirbeln an, deren Ribben nach vorn nicht fixirt sind. An dieser Stelle, der Grenze der Rücken- und Lenden-

22) Winslow sagt: (traité des os secs, n. 598.) Außer den gewöhnlichen sieben Fortsätzen, die ein jeder Wirbel habe, finden sich im letzten Rückenwirbel noch oft zwei kleine zwischen den oberen Gelenk- und den Queer-Fortsätzen. Ich habe bemerkt, daß diese zwei kleine Fortsätze gemeiniglich zugegen sind, und daß der elfte Rückenwirbel ähnliche, aber gleichsam nicht völlig ausgebildete, besitzt.

Ich habe nachher diese Bemerkung beim Eustachi (Examen ossium, p. 217.) umständlicher ausgeführt gefunden. Er sah oft am unteren Theile der Wurzeln der Queer-Fortsätze der beiden letzten Brustwirbel und der Lendenwirbel beim Menschen Höcker, die bei Hunden und Affen fehlen. Hier haben diese Wirbel vier untere Gelenk-Fortsätze, und beim Menschen nur zwei.

Eustachi vermuthet, daß diese Höcker beim Menschen die Stelle der zwei Gelenk-Fortsätze vertreten, die diese Wirbel bei Affen und Hunden besitzen. Da bei dem Aufrichten dieser beiden Höcker der obere Wirbel hinterwärts befestigt wird; so besteht, meines Erachtens, ihr wahrscheinlicher Nutzen darin, daß sie die letzten Rücken- mit den Lendenwirbeln auf eine ähnliche Art verbinden, wie es bei verschiedenen Thieren geschieht.

Digitized by Google

wirbel, ist so wohl die Wirkung der Last des Körpers auf die Wirbelsäule, als auch die Gegenwirkung der Gliedmaßen, wodurch diese Säule gebogen wird, am stärksten. Daher könnten die letzten Rückenwirbel vorzüglich leicht verrenkt werden, wenn ihre Fortsätze nicht durch Gelenke in einander griffen.

Die besondere Schwäche dieser Stelle des Rückgraths ist bei verschiedenen Thieren sehr merklich, unter anderen beim Wolfe, dessen Wirbel dennoch sehr stark mit einander verbunden sind. Bausner sagt: man könne einen Wolf sogleich zu Boden schlagen, wenn man die Lendengegend treffe, und der Wolf hüte sich auch sehr sorgfältig, diesen Theil bloß zu geben.

Der mehr oder weniger starken Gelenkverbindung der Fortsätze der Wirbel hat man die besondere Steifigkeit des Halses des Löwen und anderer Raubthiere zuzuschreiben. Eustachi bemerkt sehr richtig, daß diesen Thieren die Größe ihres Rachens und die Stärke der Zähne, womit die Natur sie bewaffnet hat, ohne den sehr starken Widerstand der Halswirbel unnütz seyn würden.

Der Wolf hat einen sehr kurzen Hals, dessen Gelenkverbindungen enge sind und nicht leichtlich gebogen werden können: will er daher rückwärts sehen, so muß er sich oft mit dem ganzen Körper umdrehn. 23)

23) Aelian (nat. anim. lib. X. c. 26.) sagt, er müsse es alle Mahl; und darin pflichtet ihm Valmont de Bomare bei. Aber diese Behauptung muß eingeschränkt werden.

Das Kamäleon, welches einen kurzen und engen Hals hat, (daher Tertullian, de pallio, c. 3., ihm den Hals

Diese Steifigkeit des Halses, vermöge deren er im Kreise auf dem ersten Rückenwirbel bewegt werden kann, als ob er nur aus Einem Stücke bestände, ist dem Wolfe bei den verschiedenen Seitenbewegungen vortheilhaft, zu denen er oft genöthigt ist, um andere Thiere anzugreifen. Dies kann man bei dem Kampfe des Wolfs und des Stiers, den Aelian sehr gut schildert, [24]) vorzüglich beobachten. Auch Phile sagt, der Löwe drehe seinen ganzen Hals bei den Wendungen um, die er vornimmt, um auf seinen Raub zu stürzen.

Im Gegentheile bewirkt die ausnehmende Beweglichkeit der Halswirbel bei jungen Gänsen bisweilen eine Verrenkung, wenn sie ihr Futter mit zu großer Heftigkeit verschlucken. [25])

gänzlich abspricht,) wurde, weil es seinen Körper nicht, wie der Wolf, drehen kann, von der Natur mit Augen begabt, die es eben so gut nach hinten als nach vorn bewegen kann.

24) Aelian sagt: (lib. V. c. 19.) der Wolf wage es nicht, den Ochsen von vorn anzugreifen, weil er dessen Hörner fürchte: aber er thue mehrmals so, als ob er sich dergestalt auf ihn werfen wolle, und, wenn nachher der Ochse sich bücke, um ihn zu stoßen, (so erkläre ich προσπεσόντος,) so stürze der Wolf durch eine Seitenbewegung (ἐξελίξας) ihm auf den Rücken, und mache dadurch dem Streite ein Ende. Auch Phile, der Paraphrast des Aelian, giebt es ἐξελίττει τὸν δρομόν.

25) *Varro* de re rustica, lib. III. c. 10. Anserum pulli, si radicem prenderunt, quam educere velint e terra, collum obrumpunt.

XIII.

Der Mensch kann beim Stehn seiner Wirbelsäule eine gehörige Neigung gegen die Beckenknochen geben, deren Stellung alsdann gegen die unteren Gliedmaßen nur eine geringe Schiefe hat. [26]) Diese Neigung erleichtert das Gleichgewicht der verschiedenen Theile des Körpers, welches aus der gehörigen Entfernung von der Axe des Schwerpunkts herrührt, und sie ist besonders dazu nützlich, daß man das Stehen länger aushalten könne.

Hätte das menschliche Becken während des Stehens einen schiefern Stand, so müßte die Wirbelsäule immer gegen das Becken gehörig gerichtet und fast senkrecht auf dem Horizonte erhalten werden. Denn wenn die Neigung dieser Säule alsdann auch noch so wenig beträchtlich würde, so müßte doch immer der größte Theil der Masse des Körpers vor die Directions-Linie des Schwerpunktes hinfallen. Natürlich würde deßwegen beim langen Stehen, wo die Wirkung der Muskeln geschwächt worden, der Körper vorn überfallen, und hieraus müßte ein ungemein großes Hinderniß der fortschreitenden Bewegung entstehn.

Im Orangutang, (Tysons Pygmy,) muß, wenn er aufrecht steht, die Wirbelsäule der senkrechten Linie

26) Beim Stehn des Menschen und der Thiere haben die Beckenknochen gegen die unteren Gliedmaßen eine Schiefe, die desto größer ist, je beträchtlicher der Winkel ist, den eine mit dem Kreuzbeine parallele Fläche, welche die Köpfe der Schenkelbeine durchschneidet, alsdann mit dem Beckenknochen macht.

Digitized by Google

noch viel mehr genähert werden, da das Becken dieses Thieres weit schiefer steht, als das Becken des Menschen. Uebrigens ist die Wirbelsäule des Orangutangs ausnehmend steif und fixirt: das Stehn würde also nicht lange fortdauern können, wenn nicht die langen Arme dazu dienten, das Gleichgewicht immer wieder herzustellen.

Darum werfen auch die Pongos, oder die großen Orangutangs, beim Gehn ihre Arme immer rücklings über, wie Tyson ebenfalls berichtet. [27])

Da beim Gibbon das Becken noch schiefer steht als beim Orangutang, so muß, wenn das Thier steht, seine Wirbelsäule der senkrechten Linie noch viel mehr genähert werden. Auch hat er sehr lange Arme, die ihm statt der Balancir-Stangen dienen; und wenn er beim Gehn bisweilen das Gleichgewicht verliert, so berührt er die Erde, um es wieder herzustellen.

Bei vierfüßigen Thieren endlich hat das Becken eine ungemein schiefe Lage. Theils deßwegen, theils auch wegen der großen Masse ihres Körpers, können sie sich nur mit der äußersten Mühe auf ihre Hinterbeine in eine aufrechte Stellung setzen. Die letztere können sie auch nicht lange aushalten, wenn sie nicht besondere Vortheile in ihrem Baue haben; wohin z. B. bei dem Bären die beträchtliche Länge seines Fersenbeins gehört: oder wenn man sie nicht durch besondere Mittel an eine so gezwungene Stellung zu gewöhnen weiß; wie dies z. B. bei den Affen bisweilen geschieht, die gezwungen werden, ihre

27) Anatomy of the pygmy, p. 82.

Arme hinterwärts zu verschränken, indem sie aufrecht gehn. [28])

XIV.

Beim Menschen bilden die Beckenknochen eine kreisförmige Stütze, vermöge deren die unteren Gliedmaßen am Zusammenstoßen gehindert und wodurch die starke Neigung der letzteren gegen die Directions-Linie des Schwerpunkts verhütet wird. So wie die unteren Gliedmaßen jetzt sich mit den Beckenknochen verbinden, müssen sie den Körper wie Säulen unterstützen, die senkrecht aufgerichtet sind. Die eiförmigen Löcher wurden in diesen Stützen so angebracht, daß die zu diesem Zwecke nöthige Festigkeit dabei nicht litte.

Hätten die unteren Gliedmaßen eine zu starke Neigung gegen die Directions-Linie des Schwerpunkts, so würden sie den Körper nur in einem Winkel unterstützen. Hierdurch würde der Schwere desselben nicht genug Widerstand geleistet, und der Körper würde nicht fest stehn können, ohne daß die anziehenden Muskeln der Gliedmaßen außerordentlich angestrengt würden. [29])

Aber die senkrechten Säulen, die diese Gliedmaßen bilden, werden durch die auf den Köpfen derselben lastenden Beckenknochen befestigt: da die letzteren in die Queere

28) *Tyson* l. c., p. 14.

29) Diese anziehende Muskeln können in gewissen Fällen außerordentlich geschwächt werden. Einen solchen Fall erzählt Möhring von einem Kinde, welches, nach überstandener Wassersucht, ein solches Unvermögen, die Beine anzuziehn, übrig behielt, daß es dieselben vom Körper beständig entfernt hielt.

liegen, so nähert sich die Richtung ihres Druckes der senkrechten Linie. Aus dieser Ursache kann man mit Grunde behaupten, daß diese Knochen, mit dem Kreuzbeine zusammen genommen, die wahre Grundlage und das Fundament des Körpers ausmachen.

Nachfolgende Facta können aus diesem Drucke der Beckenknochen auf die unteren Gliedmaßen hergeleitet werden.

Leute, die beim Stehn ihre Haltung mehr sichern wollen, pflegen die Hände in die Hüften zu setzen. Durch diesen Druck auf das Darmbein wird die Wirkung der Beckenknochen auf die unteren Gliedmaßen verstärkt.

Es ist überhaupt beim Stehn vortheilhaft, die Arme an den Körper zu halten: hingen sie herab, so würde die tonische Action ihrer Muskeln unbeständig werden, sie würden anfangen zu wanken, und der Körper würde dadurch erschüttert werden.

Weiber, die mit dem linken Arme eine große Last tragen, pflegen den rechten Arm zu krümmen und die Hand in die Hüfte zu setzen. Diese Stellung sichert die Säule des rechten Fußes, und hindert, daß der letztere nicht durch die Last fortgezogen werde, welche der rechte Arm trägt.

Beim Tanzen kommen Schritte vor, deren Richtung schief gegen die rechte oder linke Seite ist. In solchen Fällen setzen die Tänzer beständig ihre Hände auf die Hüften, und drücken sie mit einer Gewalt nieder, die man bei dem stärkeren Tritte auf die Erde sehr wohl beobachten kann: dies thun sie, um nicht auf die Seite zu fallen, und um mit mehr Stärke ihre Wendungen machen zu können.

Digitized by Google

Die Verbindung der Beckenknochen mit dem Kreuzbeine kann in schweren Geburten geschwächt werden: dies vermuthete Ruysch zuerst, und man hat es nachher bestätigt. Monro sah zärtliche Weiber, die lange Zeit nach überstandenen schweren Geburten eine solche Empfindung übrig behielten, als ob in jedem Augenblicke ihr Becken aus einander springen würde. Dieses Gefühl ward durch die Bewegung der einzelen Beckenknochen gegen einander veranlaßt, indem die Last derselben auf die Köpfe der Schenkelbeine wirkte.

XV.

Bei vierfüßigen Thieren sind im Ganzen die Schaamknochen viel kürzer als die Hüftbeine. Nur die Robbe macht hiervon eine Ausnahme: ihre Schaamknochen sind zwei Mahl länger als die Hüftbeine; und diese Einrichtung war nothwendig, um die Eingeweide des Unterleibes in ihrer Höhle zu erhalten, und zu verhindern, daß bei den verschiedenen Sprüngen, die das Thier macht, die Eingeweide nicht zu heftig auf den Boden stoßen.

Die Hüftknochen der vierfüßigen Thiere sind meistens von länglicher Form, und sie gehn sehr weit über den Mittelpunkt ihrer Bewegung hinaus: dies dient besonders dazu, das Spiel der Hüftknochen auf diesen Stützen gemäßigter und sicherer zu machen. In der That kann man die Lendenwirbel, die Beckenknochen und die Hinterbeine zusammen genommen als einen Winkelhebel betrachten, vermöge dessen der Theil des Körpers, der nach hinten gezogen wird, sich gegen den Boden stemmt.

Digitized by Google

Weil die Beckenknochen über den Mittelpunkt ihrer Bewegung hinaus gehn, so können sie den ganzen Körper viel bequemer im Gleichgewichte erhalten. Die Kunst hat diese Wirkung nur mit großer Mühe in der Statüe zu Pferde nachgeahmt, die vier Mahl die natürliche Größe übertrifft, und wo der Reiter auf einem sich bäumenden Pferde die nöthige Haltung behält. 30) Man hat die

30) Nouveau voy. en Espagne, tom. II. p. 37. Aristoteles spricht von einem ähnlichen Kunstwerke (de anim. incessu, c. 12.) Auch Apulejus beschreibt eine gleiche Stellung der Hunde der Diana: et, in quo summum specimen operae fabrilis egregius ille signifex prodidit, sublatis canibus, impetus arduus: pedes imi resistunt, currunt priores. (Metamorph., l. II)

Zu diesem Grade der Vollkommenheit war die Sculptur-Arbeit bei den Alten gediehen: lange Zeit nach ihren ersten Versuchen hatte sie noch die gröbsten Mittel angewandt, um die Bildsäulen auf ihren Grundflächen zu fixiren, oder ihre obere Theile auf den unteren fest ruhen zu lassen.

Ich glaube, bloß aus dieser Ursache ließ man die Hände der Bildsäule der Diana zu Ephesus auf Spießen ruhn. Die Statüe endigte sich unten in eine Terme, und die Hände waren außerordentlich groß und mit symbolischen Figuren überladen. Meiner Meinung ist auch Lucas Holstenius. (*Gronov.* thes. antiqu. Graec., vol. 7.) Auch scheinen mir die Hirsche, die man oft am unteren Theile dieser Bildsäule, weit von einander entfernt, anbrachte, die Stelle der Spieße vertreten zu haben. (*Montfaucon* antiqu. expliqu., Suppl. tom. I. pl. XLIII. n. 6.)

Auf ähnliche Art erkläre ich verschiedene Zierathen an griechischen oder ägyptischen Statüen, die man für mysteriöse gehalten hat: z. B. die langen Spitzen oder Stäbe,

Digitized by Google

Theile dieser ungeheuern Masse dergestalt geordnet, daß sie auf den Hinterbeinen des Pferdes im Gleichgewichte sich befinden.

XVI.

Die walzenförmigen Knochen der unteren Gliedmaßen beim Menschen und der Beine bei vierfüßigen Thieren mußten in mehrerer Anzahl vorhanden seyn, und in den Vorderbeinen der Thiere senkrecht über einander stehn.

Dadurch wird das Stehn ungemein erleichtert und gesichert: denn jede Säule, die aus mehreren knöchernen Walzen zusammen gesetzt ist, trägt die Last des Körpers viel sicherer, als es eine Säule thun würde, die die gleiche Höhe und Dicke hätte, als diese Reihe mehrerer in einander greifender Knochen. Denn Euler hat bewiesen, [31]) daß die Last, welche biegsame Säulen von gleicher Dicke und aus derselben Materie tragen, im wechselseitigen Verhältnisse zu dem Quadrate der Höhe dieser Säulen steht. [32])

die sie unter dem Kinn haben; den starken Haarwuchs, der, wenn der Kopf sehr groß und schwer, oder zu sehr hinten über gebogen ist, bis auf die Schultern reicht. (Vergl. Antichità di Ercolano, tom. VI. pl. 247—249. 253.)

Ich vermuthe, daß das handhabenförmige Band, welches in verschiedenen Abbildungen vom Kopfe des Harpokrates bis auf die eine Schulter reicht, eine ähnliche Beziehung hat.

31) Methodus inveniendi lineas curvas, additam. I. n. 37.

32) Ueber die Kraft, womit diese Säulen der Ruptur widerstehn, kann man Galilei (opere, tom. II. dial. 2. p. 559.) nachsehn. Dieser hat vor Mahudel, Mar-

Digitized by Google

Die Nothwendigkeit, die artikulirten Säulen, welche die Beine des vierfüßigen Thieres bilden, zu vervielfältigen, fällt am meisten in den Beinen des Elephanten auf. Die Beschwerden, welche mit der Zertheilung der Knochen verbunden sind, befremden uns eben so sehr, als die ungeheure Last, die sie bei sehr verschiedenen Graden der Neigung und der Erhöhung zu tragen haben. Basilius bestätigt diese Betrachtung, ob er sich gleich in dem gemeinen Irrthume der Alten befindet, daß die Beine des Elephanten keine Gelenke haben. 33)

Bontius bestreitet diesen Irrthum, indem er versichert, daß der Elephant in der Mitte seiner Beine eigenthümliche Gelenke habe. 34) Diese sind indessen wirklich denen Gelenken ähnlich, welche bei andern vierfüßigen Thieren durch die Erhöhung der Knochen der Mittelhand und des Mittelfußes dargestellt werden. Diese sehr dicke Knochen stehen auch beim Elephanten verhältnißmäßig viel höher, als bei andern Thieren. Sie bilden eine Art von Fußgestell, wodurch die Säulen der Schenkel, auf denen der Körper dieses unförmlichen Thieres lastet, verhältnißmäßig kürzer werden.

XVII.

Die Richtung des Kopfes und Halses des Schenkelbeins macht einen beträchtlichen Winkel mit der Axe

tine und Andern gezeigt, wie sehr die gigantischen Verhältnisse, deren der menschliche Körper fähig ist, beschränkt sind.

33) Opp., p. 76. ed. gr. Basil.

34) Medic. Indor., lib. I.

Digitized by Google

des Körpers dieses Knochens. Da also die Axe des ganzen Schenkelbeins in dem oberen Theile des Knochens nach außen gebogen ist, so unterstützen dergestalt die beiden Schenkel das Becken mit mehr Leichtigkeit, als wenn sie nach einer schiefen Linie mit demselben zusammen träfen. (§. XIV.)

Man sieht auch ein, daß die Schenkel, vermöge des Bogens, den sie unterhalb des Beckens bilden, dasselbe viel sicherer unterstützen, wenn der Körper beim Stehn oder Gehn wankt, als dies geschehen wäre, wenn jeder Schenkel eine senkrechte Richtung gehabt hätte.

Der Fortsatz, den man den großen Rollhügel nennt, dient offenbar zur Vermehrung der Stärke des Schenkels an der Stelle, wo sein oberer Theil am meisten gekrümmt ist und wo er von der Last des Körpers das meiste zu leiden hatte. Uebrigens kennt man auch den Nutzen des Rollhügels, der in der Befestigung der bewegenden Muskeln besteht.

XVIII.

Parent suchte eine interessante Aufgabe aufzulösen, [35] nämlich: welches die vortheilhafteste Grundfläche zur Unterstützung des Körpers, oder, wie groß die Oeffnung der Füße sei, bei welcher der Mensch am festesten stehe. [36] Er setzt voraus, daß jeder Fuß, wenn er sich

35) Essais et recherches de mathém., tom. III. p. 355.

36) Bei diesem Probleme nimmt man auf die verschiedene Länge der Füße keine Rücksicht. Ist sie beträchtlicher, so giebt sie der Unterstützungsfläche eine größere Ausdehnung; und

Digitized by Google

von dem anderen entfernt, sich dergestalt um seine Gelenkverbindung mit dem Schenkel drehe, daß die Enden des Fußes alsdann um diesen Mittelpunkt zwei Bogen in entgegen gesetzten Richtungen beschreiben: er sucht die Art der Drehung zu bestimmen, die die Füße machen müssen, wenn ihre Spitzen und die Fersen das größtmögliche Viereck durchschneiden sollen. Diese Aufgabe löset er durch den Differential-Calcul auf.

Aber Parent irrt sich, wenn er glaubt, daß die Füße, indem sie auswärts gesetzt werden, sich dergestalt um ihre Gelenkverbindung mit den Schenkeln drehn. Eigentlich dreht sich jeder Fuß um den festen Punkt, den ihm seine Ferse darbietet. Stellt man nämlich beide Füße, ihrer Länge nach, auf zwei Parallel-Linien, und bewegt sie alsdann von einander, so wird man sehn, daß die Fersen immer auf diesen beiden Linien, oder in der gleichen Entfernung von einander bleiben.

Parents Irrthum wurde dadurch veranlaßt, daß beim Auswärtsdrehen der Füße die Fersen ihre hintere Flächen einander entgegen zu setzen, sich selbst aber zu nähern scheinen. Indeß bleibt ihre Entfernung dieselbe, wenn sie nicht zunimmt: und sie kann zunehmen, wenn die Füße bei einer unvollkommenen Drehung die Fersen nach sich ziehn. Parent hätte übrigens auch bemerken sollen, daß die Füße sich hinterwärts in der Fersengegend auf den Boden stützen, und daß dies nicht am Ende der senkrechten Linie geschieht, welche aus dem Mittelpunkte

so ist sie bis auf einen gewissen Punkt nützlich. Geht sie über diesen hinaus, so macht sie das Gehn beschwerlich.

ihrer Gelenkverbindung mit den Schenkeln auf dem Boden gezogen wird. 37)

Parent sagt, in nördlichen Gegenden, wo man oft auf Eis oder Glatteis zu gehn genöthigt ist, pflegen die Einwohner die Beine sehr weit von einander zu entfernen; in warmen Ländern beobachte man das Gegentheil: allein diese Wahrnehmung scheint sehr zweifelhaft zu seyn, und die natürlichste Stellung ist wahrscheinlich die, wobei die Füße etwas einwärts stehn, wie man es bei Kindern und Landleuten bemerken kann.

37) Verbessert man diesen Irrthum des Parent, setzt aber übrigens mit ihm voraus, daß die Entfernung der beiden Punkte, (der Fersen,) um welche sich die Plattfüße drehen, wenn sie von einander bewegt werden, gegeben ist, und daß die Füße gleich weit von einander stehn und gleichmäßig fortbewegt werden: so ist keine andere Größe unbekannt, als der Winkel, den die Plattfüße mit der verlängerten Linie machen, die bis zu den Fersen reicht. Dann kann man das Maximum des Vierecks der Unterstützungsfläche auf folgende einfache, aber dem Parent unbekannte, Weise finden.

Man nimmt den Ausdruck der Hälfte dieses Vierecks, welche der Sinus und Cosinus des oben angegebenen Winkels ausmachen. Man differentiirt diese Größe, und setzt das Differential = 0. Für den Radius oder die Einheit nimmt man die Linie, die die Mittelpunkte der Fersen verbindet, und findet auf solche Art: daß die Entfernung der beiden Füße von einander, oder der Winkel, den ihre verlängerte Linien machen, = 38° 56′ ist, wenn das Viereck der Unterstützungsfläche ein Maximum sein soll, wenn also die Füße den Körper auf die vortheilhafteste Art in diesem Stande unterstützen sollen.

Digitized by Google

Parents Aufgabe scheint also nur bei denen Leuten statt zu finden, denen die Gewohnheit mehr Leichtigkeit und Ausdauer bei den Wirkungen der anziehenden und abziehenden Muskeln der Füße verliehen hat.

Ueber dies wird in dieser Aufgabe auch die Verschiedenheit der Menschen, in Rücksicht des Grades dieser Entfernung der Füße, übersehn. Manche Leute können nämlich mit einer ihnen natürlich gewordenen Kraft die Füße sehr weit aus einander bringen, um sich eine vortheilhaftere Fläche zur Unterstützung des Körpers zu verschaffen. 38)

Werden die Füße zu weit von einander entfernt, so müssen die Streckmuskeln der Schenkel und der Unterfüße in einem heftigen und fortdauernden Grade der Anstrengung sich befinden, um die Schenkel in dieser gegen den Boden und gegen die Beckenknochen, die die ganze Last des Körpers tragen, sehr geneigten Lage zu unterstützen. 39)

38) Dies druckt Homer aus, (Il., XII. 457.) wenn er vom Hektor singt:

Noch itzt trat er hinan und warf, gestemmt auf die Mitte, weit gespreizt, daß nicht ein schwächerer Wurf ihm entflöge.

Dies εὖ διαβάς paraphrasirt Tyrtäus, (p. 5. u. 32. ed. *Klotz.*) wenn er sagt:

τίς εὖ διαβάς μενέτω ποσὶν ἀμφοτέροισιν
στηριχθεὶς ἐπὶ γῆς;

39) Die Kämpfer der Alten wandten ein merkwürdiges Mittel an, um die Streckmuskeln der Kniee bei großen Anstrengungen zu befestigen, wo die Beine fest stehn und weit gespreizt sein mußten. Sie umwickelten und schnürten ihre

Digitized by Google

Es war bei verschiedenen alten Völkern ein sehr gewöhnlicher Gebrauch, in Gefechten ein Knie auf die Erde zu setzen, um sich dadurch eine mehr sichere Stellung zu verschaffen. 40)

Es ist augenscheinlich, daß der Mensch in dieser verkürzten Stellung allen Eindrücken, die ihn zu Boden werfen können, viel eher widersteht, als wenn er aufrecht steht. Aber diese Stellung hat noch andere Vortheile, wodurch die Grundfläche der Unterstützung größer und gesicherter wird. 1. Die Beugemuskeln des Knies fixiren dasselbe viel stärker auf den Boden, als es die Beugemuskeln der Zehen bei dem gewöhnlichen Stehn thun können: dadurch kann der erhobene Schenkel viel weiter abgezogen werden. 2. Die Beugemuskeln des andern Knies sichern dem aufrecht stehenden Schenkel eine gegen den Boden senkrechte Richtung, die durch die Last des Körpers selbst noch mehr gegründet wird: dadurch wird auch die Ferse noch fixer, und die abziehenden Muskeln des Fußes können nun die Drehung des letzteren um die Ferse desto mehr befördern.

Kniee mit starken und vielfachen Binden fest ein. Das lehrt uns Juvenal, wenn er von einem Weibe spricht, die einen Gladiator abgab: Adspice, quanta poplitibus sedeat, quam denso fascia libro. (Satir. VI. v. 261. 262.)

40) Die persischen Bogenschützen fochten, indem sie das eine Knie auf die Erde setzten und das andere vorstreckten. Sie wurden dergestalt durch das Fortschnellen des schweren Pfeils, den sie von einem starken Bogen abschossen, nicht erschüttert. So verfuhren auch die thracischen und germanischen Krieger, und selbst die griechischen und römischen. (Spanhem. not. ad Iul. Caesar. p. 207.)

Digitized by Google

XIX.

Folgende allgemein wahrgenommene Thatsache muß ebenfalls durch die ungleiche Wirkung erklärt werden, die die Streckmuskeln der Schenkel nach dem natürlichen Grade der Entfernung der Beine hervor bringen, um der Last des Körpers zu widerstehen. Diejenigen, deren Füße nach innen stehn, weil ihr Schenkelbein nach außen verrenkt ist, oder eine Krümmung nach außen erlitten hat, oder deren Fußgelenke angegriffen sind, stehn und gehn in der Regel viel sicherer, als die, deren Füße durch entgegen gesetzte Ursachen nach außen gekehrt sind. Die ersteren nannten die Alten *Varos*, die letzteren *Valgos*. [41])

41) Celsus sagt, daß bei der Verrenkung des Schenkels nach innen, das Bein länger wird als das andere, *et valgius*, weil die Spitze des Plattfußes nach außen gekehrt wird. Aber bei der Verrenkung nach außen werde das Bein kürzer, *varumque*, weil die Spitze des Plattfußes nach innen gekehrt ist. In diesem letzteren Falle, sagt er, unterstützt das Bein den Körper besser und sicherer, als im ersteren, und der Verrenkte bedarf keines Stabes, um sich fortzuhelfen. Dies bestätigt die allgemeine von mir angegebene Bemerkung. Darauf bezieht sich auch, was Varro (de re rustica, lib. II. c. 9.) sagt, und was in den Geoponicis wiederhohlt wird: die Hunde nämlich seien cruribus rectis et potius varis, quam vatiis, (valgis.)

Verschiedene Stellen in den Alten scheinen den Saumaise zu dem Schlusse verleitet zu haben, daß das Wort: *varus*, ursprünglich einen andern Sinn hatte, als den ihm Celsus beilegt. (*Salmas.* exercit. Plin. p. 663.) Auch J. M. Geßner glaubt, die Bedeutung dieses Worts habe

Schon die Griechen bemerkten, daß der letztere Fehler der Bildung unter verschiedenen entnervten Völkern in heißen Klimaten, bei den Aegyptern und Aethiopen [42]) z. B., so wie bei den Eunuchen, [43]) sehr gemein sey. Bei diesen Leuten ist die allgemeine Schwäche der Knochen und Muskeln die Ursache davon, daß das Gewicht des Körpers die Schenkel nach außen wirft und krümmt, da sie sehr schwache Stützen sind.

Bei solchen Personen, deren Füße nach außen stehn, müssen die Streckmuskeln der Schenkel viel mehr Kraft anwenden, weil die Last des Körpers an einem viel längeren Hebelarme wirkt, um die unteren Gliedmaßen niederzudrücken.

sich verändert. (Thesaur. lingu. latin., tom. IV. col. 924.) Mir scheint die Ursache dieser Verwechselung der Bedeutungen von *varus* und *valgus* darin zu liegen, daß das Auseinanderstehn und Zusammenlaufen, was diese Wörter anzeigen, theils auf die oberen Theile, in Hinsicht auf die unteren, theils umgekehrt, bezogen werden können.

Noch merkwürdiger als die Erklärung dieser grammatischen Schwierigkeit ist die Krümmung, die in diesen verschiedenen Fehlern der Bildung der unteren Gliedmaßen die Gelenkverbindung der Plattfüße mit den Beinen annimmt. Diese Krümmung kehrt ihre hohle Seite nach innen bei den *varis*, (falcatis introrsum pedibus, sagt Gockelius,) und nach außen bei den *valgis*. Außerdem ist der innere Rand des Plattfußes erhabener als der äußere bei den *varis*: umgekehrt aber verhält es sich bei den *valgis*.

42) *Aristot.* probl., XIV. 4.

43) *Macrob.* saturn., VII. 10. *Alexandr.* Aphrodis. probl., II. 24.

Digitized by Google

Auf eine ähnliche Art muß man Galens Beobachtung, die beim ersten Anblicke nicht wahrscheinlich zu sein scheint, erklären. Er sagt nämlich, daß diejenigen, deren Füße etwas nach innen gekrümmt sind, viel fester stehn, als die, welche gerade Füße haben.

Aus dem, was über die Unterstützungsfläche gesagt worden ist, läßt sich auch die Art und Weise erklären, wie ein Mensch im Sitzen sich wieder aufrichtet. Die Muskeln, die dies bewirken, sind die Strecker des Schenkels, und durch die Wirkung derselben könnte sich alsdann der Körper nicht erheben, wenn er einen rechten Winkel mit dem Schenkel machte, und wenn der Schwerpunkt desselben auf den Mittelpunkt des Kniegelenks durch einen Hebel wirkte, der die Länge des Schenkelbeins hätte.

Darum biegt ein Mensch, der im Sitzen aufstehn will, seinen Körper nach vorn: oft streckt er auch seinen Hals vor, um die Neigungslinie seines Schwerpunkts dem Knie näher zu bringen.

Auch die Unterfüße pflegt er nach hinten zu biegen, und zwar aus zweierlei Ursachen: 1. um die Anlage der Streckmuskeln an das Knie mehr zu fixiren; 2. damit, wenn die Unterstützungsfläche des Körpers nach hinten fällt, eine mäßige Biegung des Körpers nach vorn hinreiche, um die Neigungslinie des Schwerpunkts auf diese Fläche fallen zu lassen.

Man sieht auch ein, daß, je schwächer jemand ist, nach desto spitzeren Winkeln er beim Aufstehen seine Hüft- und Kniegelenke biegen muß. Dies hat auch schon Vossius bemerkt. 44)

44) De orig. et progr. idololatr., III. 37.

XX.

Nachdem nun bestimmt ist, welches die Unterstützungsfläche des Körpers beim Stehn und Gehn ist, so erhellet daraus, daß die Muskeln, die bei diesen Verrichtungen mitwirken, um die Neigungslinie des Schwerpunkts auf dieser Fläche zu fixiren, wenn sie sich von derselben zu entfernen sucht, mit desto größerer Anstrengung wirken müssen, je weiter dieser Schwerpunkt von dem Mittelpunkte des Gleichgewichts oder der Bewegung des Körpers auf den unteren Gliedmaßen entfernt ist.

Camper, (der unter allen Physiologen dieses Jahrhunderts die meisten wahren Entdeckungen gemacht hat,) und nach ihm Dupui, haben mehrere Zufälle untersucht, die durch die widernatürliche Entfernung des Schwerpunkts von dem Mittelpunkte der Bewegungen des Körpers hervor gebracht werden. Aber sie haben diesen Mittelpunkt der Bewegungen auf eine sehr schwankende Art angegeben, und dadurch können nur unbestimmte und selbst falsche Ideen entstehn. 45)

45) Dupui sagt, die Mittelpunkte der Schwere und der Bewegungen seyn bei Kindern, die noch nicht gehn und sich aufrecht erhalten können, an verschiedenen Oertern von denen, die durch die vollkommene Uebereinstimmung dieser Punkte entstehn. Nach seiner Meinung sind diese Punkte nicht mehr in Uebereinstimmung mit einander, wenn das Hinken von einer Verrenkung des Schenkelbeins herrührt, in welcher der Kopf desselben in eine neu gebildete Pfanne eingreift. Die meisten Menschen, die an diesem Fehler leiden, bewegen die Lenden vorwärts, indem sie auf den Zehen gehn und die Wurzel des Plattfußes erheben. Dergestalt komme der

Digitized by Google

Diese Schriftsteller haben von dem Hauptgegenstande meines jetzigen Vortrages gar nicht gehandelt. Ich suche nämlich die Abweichung der Entfernungen dieser beiden Punkte, welche Abweichung beim natürlichen Stehn statt findet, zu bestimmen. Die Erklärung davon muß nothwendig der Theorie derer Fälle voraus gehn, wo eine widernatürliche Entfernung dieser Punkte erfolgt.

Ich glaube daher, diesen Gegenstand auf eine neue und bestimmtere Weise untersuchen zu müssen.

Beim Stehn des Menschen finden sich immer augenblickliche Bewegungen, die durch verschiedene Ursachen, vorzüglich aber durch die vorüber gehende Schwäche, hervor gebracht werden, die die fortdauernde Zusammenziehung der Streckmuskeln verschiedener Gelenke hindern. (§. I.) Bei diesen Bewegungen wird der Schwerpunkt des Körpers nicht gleichmäßig unterstützt, ob er gleich immer auf die Unterstützungsfläche fällt: er steigt also herab, oder er hat wenigstens Neigung sich zu senken, indem er sich um die unteren Gliedmaßen bewegt.

Da die Mittelpunkte dieser Bewegungen sich in der Gelenkverbindung der Schenkel mit den Beckenknochen befinden, so kann man ohne Bedenken annehmen, daß sie sich auf einen mittleren Punkt in der geraden Linie zurück bringen lassen, welcher von einem zum anderen geht: und dieser Punkt ist der gemeinschaftliche Mittelpunkt der Bewegung des Körpers auf diesen Gliedmaßen.

Schwerpunkt ungefähr in dieselbe Fläche zu liegen, worin der Mittelpunkt der Bewegungen steht, und die vollkommene Uebereinstimmung beider Punkte verhindere das Fallen, u. s. f.

Digitized by Google

Noch mehr: es erhält bei jedem Schritte, den der Mensch thut, der Rumpf des Körpers einen Druck nach oben und vorn durch den Antrieb der einen oder der anderen Gliedmaße: (Abschn. II.) der Schwerpunkt des Rumpfes und dieser Gliedmaße, nachdem er nach vorn und oben getrieben, senkt sich alsdann um den Mittelpunkt des oberen Schenkelgelenks der anderen Gliedmaße herab.

In allen Fällen, wo der Schwerpunkt neben den Mittelpunkten der Bewegung sich hinab senkt, ist die Linie seiner Richtung zusammen gesetzt aus der Richtung nach oben und aus der senkrechten Linie des Falles.

Der Schwerpunkt des ganzen, horizontal liegenden menschlichen Körpers fällt in die Gegend zwischen den Hüften und dem Schaambeine. 46) Aber der Schwerpunkt des Rumpfes, wenn er entweder beim Stehn für sich betrachtet, oder beim Gehn mit einer der unteren Gliedmaßen zusammen genommen wird, liegt offenbar viel höher.

Nun will ich annehmen, daß zwei Flächen, deren eine senkrecht, die andere horizontal ist, jeden der beiden bestimmten Mittelpunkte der Bewegung und der Schwere durchschneiden; ich setze ferner, daß die beiden senkrechten Flächen parallel seyn: und dergestalt lassen sich die Verhältnisse dieser beiden Punkte, einzeln genommen, zuvörderst gegen die senkrechten, und dann gegen die horizontalen Flächen betrachten.

46) *Borelli* de motu anim., P. I. pr. 134.

Die senkrechte Fläche, in welcher der Schwerpunkt liegt, kann in verschiedener Entfernung von der senkrechten Fläche sich befinden, die durch den Mittelpunkt der Bewegung geht. Je näher beide sich sind, desto weniger Kraft brauchen die Streckmuskeln der Gelenke der unteren Gliedmaßen anzuwenden, um den Schwerpunkt vom Herabsinken abzuhalten, oder um ihn, beim fortgesetzten Gehn, zu dem Punkte zu erheben, von wo er herab gesunken ist: denn die senkrechte Linie, die man vom Mittelpunkte der Bewegung auf die Neigungslinie des Schwerpunkts fallen läßt, ist um so viel kürzer. Das ist der Grund, warum beim Stehn und Gehn der Mensch so viel als möglich diese beide senkrechte Flächen einander zu nähern sucht.

Je näher die Horizontal-Fläche des Schwerpunkts derjenigen ist, die durch den Mittelpunkt der Bewegung geht; desto kürzer ist die senkrechte Linie, die aus dem Mittelpunkte der Bewegung auf die Horizontal-Linie gezogen wird, welche den Schwerpunkt bei der Bewegung berührt, die ihm von vorn her mitgetheilt wird: desto geringer ist die Anstrengung der Streckmuskeln der Gelenke, durch welche diese Bewegung aufgehalten wird; da sonst, vermöge der letzteren, die Neigungslinie des Schwerpunkts über die Unterstützungsfläche hinaus fallen könnte.

Da nun der Schwerpunkt des Rumpfes und der einen unteren Gliedmaße bei einem Gange auf ebenem Boden niedriger steht, als wenn man aufwärts steigt, und höher ist, als wenn man hinab geht; so bückt man beim Hinaufsteigen den oberen Theil des Körpers, und

Digitized by Google

erhebt ihn beim Hinabsteigen, um die Entfernung der beiden horizontalen Flächen mit einander auszugleichen.

Um die Annäherung der senkrechten und horizontalen Flächen, die durch den Mittelpunkt der Schwere und der Bewegung des Körpers gehn, zu erleichtern, pflegt der Mensch, wenn er anfängt aufrecht zu gehn, seine Wirbelsäule nach verschiedenen Richtungen zu biegen, und nun erst fängt sie sich an zu krümmen, da sie in der ersten Kindheit eine ganz gerade Richtung hatte.

Aus eben dem Grunde werden bei den Frauen, die Schuhe mit hohen Absätzen tragen, [47]) die Biegungen der Wirbelsäule sehr verstärkt: die Unterstützungsfläche wird nämlich beim Stehn, wegen der Neigung, die diese Schuhe dem Knochen des Plattfußes geben, [48]) sehr verkürzt, und indem sie gehn, ruhn sie nur noch auf den Zehen. Daher müssen sie sich desto mehr anstrengen, um auf eine so enge Grundfläche die Neigungslinie ihres Schwerpunkts fallen zu lassen. Um diese Anstrengungen zum Theil zu vermeiden, biegen sie ihre Wirbelsäule mit Gewalt immer mehr, damit die senkrechten und horizontalen Flächen, die durch ihren Schwerpunkt und durch den Mittelpunkt ihrer Bewegung gehn, so viel als möglich einander genähert werden.

47) Andry hat zuerst bemerkt, welchen Einfluß die hohen Absätze auf die Krümmung des Rückgraths haben, und Grant hat dies noch weiter erläutert.

48) Man sehe Campers Abhandlung von den Schuhen.

Digitized by Google

XXI.

Es giebt zwei Stellungen des Fußes, bei welchen vermittelst der Schienbein-Röhre und der Muskeln, die sich an dieselbe setzen, das Stehn mehr erleichtert und gesichert wird. Die eine dieser Stellungen nenne ich die Pronation: dabei wird der äußere Rand des Fußes gegen den äußeren Knöchel gezogen, der innere Rand aber in schiefer Richtung an den Boden gedrückt.

Man sieht leicht ein, daß in dieser Stellung die unteren Gliedmaßen, wenn sie unter einer weniger schiefen Richtung auf dem Boden stehn, den Körper viel besser unterstützen, als sie es bei der entgegen gesetzten Stellung, die man ihre Supination nennen könnte, zu thun vermögen. 49)

49) Wenn die Beine kreuzweise über einander geschlagen sind, so stützen sich die Plattfüße nur sehr schwach auf den Boden. Sie befinden sich in einer natürlichen Supination. Dies scheint Pausanias andeuten zu wollen, wenn er sagt, daß auf allen Kunstwerken der Tod und Schlaf mit über einander geschlagenen Beinen (διεστραμμένους τοὺς πόδας) abgebildet worden. Nicht bloß das Uebereinanderschlagen der Beine wird hier verstanden, und noch viel weniger, wie Lessing meint, hatte der Tod auf alten Kunstwerken krumme Beine.

Ich gründe meine Erklärung auf Plutarchs Erzählung von den Löwen. (de solert. anim.) Sie gehn, sagt er, mit eingezogenen Pfoten, damit sie nicht ihre Klauen verletzen, damit sie desto schwächere Spuren zurück lassen, und desto weniger von den Jägern verfolgt werden können. (Ὁ δὲ λεὼν ἀεὶ βαδίζει συνεστραμμένοις τοῖς ποσίν.) *Plutarch.* de solert. anim. n. 966. und de curios. p. 520. οἱ λεόντες ἐν τῷ περιπατεῖν συστρέφουσιν εἴσω τοὺς ὄνυχας.

Digitized by Google

Bei dieser Pronation erheben die Muskeln der Schienbein-Röhre, durch eine gleichzeitige Action, den äußeren Rand des Plattfußes: dieser dreht sich, und, indem der lange Beuger der großen Zehe und der hintere Schienbein-Muskel den inneren Rand des Plattfußes schief gegen den Boden drücken, so ruht nun der ganze Fuß mehr auf diesem inneren Rande.

Da der hintere Schienbein-Muskel zugleich vom Waden- und Schienbeine herkommt, die anderen Muskeln aber bloß von dem Wadenbeine; so bringt eine jede Bemühung dieser Muskeln, die Pronation des Fußes zu bewirken, eine wechselseitige Bewegung des Wadenbeins hervor. Ungeachtet der Kopf des letzteren durch das Band, welches dasselbe mit dem Schienbeine verbindet, und durch die Sehne des zweiköpfigen Muskels zurück gehalten wird, so ist er doch sehr beweglich. Deßwegen erregen diese Muskeln keine Beugung des Unterfußes gegen den Plattfuß, und schwächen das Stehn gar nicht, wie sie thun würden, wenn sie sich an das Schienbein setzten.

Da die Sehnen dieser Muskeln in eigenen Kanälen fortlaufen, und zum Theil von ringförmigen Bändern umgeben sind, so wird ihre Lage dadurch noch vortheilhafter, als wenn sie vom Schienbeine herkämen. 50)

Der lange und mittlere Wadenmuskel dienen zwar eigentlich zur Abziehung des Fußes, zugleich aber bewirkt er eine Zurückziehung des oberen Theils des Wadenbeins

50) Die unvollkommenen Wadenmuskeln der Pferde und anderer vierfüßigen Thiere haben einen ähnlichen Nutzen.

nach hinten. Die Beweglichkeit ihres Ursprungs macht, daß beide Muskeln nur eine mäßige Abziehung hervor bringen, und dergestalt den Fuß nicht zu weit entfernen, die Unterstützungsfläche vermindern zu können. Aber bei dieser abziehenden Bewegung schlägt sich zugleich das Wadenbein über das Schienbein, und hindert also die zu starke Abziehung desselben nach außen, die dadurch hervor gebracht werden könnte, daß der Plattfuß in seiner Verbindung mit dem Unterfuße sich zu schnell nach außen drehete.

Ein anderer vorzüglicher Nutzen der Beweglichkeit des Wadenbeins scheint mir darin zu bestehn, daß die Wirkungen der Muskeln, die die Pronation des Fußes hervor bringen, dadurch mehr Dauer und Kraft erhalten. Die wechselseitige Bewegung dieser Muskeln, wobei die oberen Oerter, an welche sie sich ansetzen, nach hinten gezogen werden, kann eine Verlängerung und größere Wirksamkeit ihrer Action hervor bringen.

Ich bemerke, daß das Wadenbein bei solchen Thieren viel stärker ist, die sich mit den inneren Seiten ihrer Plattfüße auf Bäume oder senkrechte und unebene Flächen stützen. Dazu gehören fast alle Affen, das Eichhorn, die Eidexe u. s. w. Auch der Hausmarder, welcher etwas unebene Mauern sehr leicht hinan klettert, hat ein sehr starkes Wadenbein. Beim Beutelthiere fand Daubenton das Wadenbein fast von der Stärke des Schienbeins, und man weiß, daß dieses Thier mit außerordentlicher Leichtigkeit die Bäume erklettert.

Ueber das Kamäleon bemerke ich noch besonders, daß die Seitenbewegungen seiner Hinterbeine dadurch un-

Digitized by Google

gemein erleichtert werden, daß diese keine genaue Verbindung mit dem Rückgrathe, durch die Beckenknochen, haben, da, nach Perraults Bemerkung, die letzteren nicht sehr fest mit dem Kreuzbeine zusammen hängen. Dieser Mangel an genauer Verbindung der genannten Theile macht indessen die Fixation derselben sehr beschwerlich, und daher kann das Kamäleon von keiner Höhe herab steigen, ohne sich an Alles, was ihm unterweges aufstößt, mit dem Schwanze anzuhängen.

XXII.

Die Knochen des Plattfußes können ein Gewölbe bilden, vermöge dessen der Fuß die unebenen Stellen umfaßt, auf welche sich der Körper stützen soll: vermöge dieser Wölbung bekommt der Gang selbst eine Art von Leichtigkeit und Anmuth.

Diese Wölbung verkürzt die Unterstützungsfläche, und erleichtert, als Gewölbe, auf keine Weise die Unterstützung des Körpers, obgleich Bertin es behauptet hat. Mir scheint der Nutzen dieser Wölbung beim Stehn, außer dem dadurch erleichterten Vortheile des Kletterns, folgender zu sein.

Bei dem augenblicklichen Wanken des Körpers während des Stehns wird er bald nach vorn, bald nach hinten gezogen, und die Unterfüße folgen den gleichen Bewegungen. Bei der Bewegung nach vorn werden die Ferſen nach den Spitzen der Plattfüße, und bei der Bewegung nach hinten werden die letzteren nach den Ferſen gezogen. In beiden Fällen nimmt die Unterstützungsfläche des Körpers mehr und mehr ab.

Digitized by Google

Um der Gefahr abzuhelfen, die mit diesen Bewegungen verbunden seyn kann, setzt man die Muskeln der Plattfüße in Bewegung. Durch die Wirkung derselben wird der Plattfuß gewölbt, und zwar desto stärker, je wankender das Stehn wegen der Schwäche einzeler Menschen ist.

Man zieht alsdann die kurzen Beuger der Zehen sehr stark zusammen. Ihre wechselseitige Action wirkt auf die vorderen oder hinteren Enden der Plattfüße, je nachdem diese oder jene durch das Wanken des Körpers an Festigkeit verloren haben: sie werden gegen den Boden gedrückt, und gegen die fixeren Enden gezogen. Die Action dieser Muskeln wird alsdann durch die anziehenden Muskeln der Zehen erleichtert und durch das Sehnenband des Plattfußes verstärkt: die gemeinschaftliche Wirkung dieser Organe macht, daß sich der Fuß nach oben wölbt.

So nützlich in dieser Rücksicht die Wölbung des Plattfußes seyn mag; so giebt doch die platte Form der Füße eine größere Unterstützungsfläche, und sichert nicht allein das Stehn weit mehr, sondern macht auch, daß ein lebhafter Gang länger dauern kann.

Daraus sieht man, warum von je her Schuhe mit platten Sohlen bei lange fortgesetzten körperlichen Uebungen angewandt worden sind, [51]) und warum die stärksten Lastträger gemeiniglich Schuhe mit platten Sohlen tragen.

51) Die Alten bedienten sich zur Jagd ganz platter Sandalen, (quo planius pedem ponerent,) die *semiplotia* heißen. (*Festus* lib. XIV. p. 353.)

Bei ſolchen Tänzen, wobei die Kniee ſehr weit von einander entfernt werden, nehmen die Sohlen allezeit dieſe platte Form an: ſie findet aber keinesweges bei ſolchen Tänzen ſtatt, wobei die Kniee ſehr nahe zuſammen ſtehn.

In der letzteren Stellung müſſen die Unterfüße nothwendig ſchief nach außen geworfen werden, und dieſe Stellung kann nur mit der äußerſten Mühe fortdauern. Daher wird in dieſem Falle der Plattfuß erhoben, indem die Wadenmuskeln, die Beuger der Zehen und andere Muskeln unter der Sohle fortdauernd zuſammen gezogen werden. Wenn dieſe Erhebung des Plattfußes durch Gewohnheit beſtändig wird, ſo drückt ſie das Ferſenbein nieder und ſchwächt die Achilles-Sehne. 52)

Ich bemerke, daß, wenn der Menſch ſich auf den Spitzen der Plattfüße erhebt, die Gelenke der Zehen und des Plattfußes, vermöge der Streckmuskeln der Zehen, ſich gegen den Boden mit einer ſolchen Kraft ſtemmen, daß dadurch der Körper viel ſicherer auf dem Boden ruhen kann, und daß dieſer Fixation die beträchtliche Verkürzung der Sohle des Plattfußes nicht ſo ſehr hinderlich iſt. 53)

52) *Noverre* lettres ſur la danſe, p. 297.

53) Auf dieſe Art ſchildert uns Virgil die beiden Kämpfer Entellus und Dares:

Conſtitit in digitos extemplo arrectus uterque,
brachiaque ad ſuperas interritus extulit auras.
(Aen. V. 426)

Lacerda thut hiebei dar, daß dieſe Stellung überhaupt bei den Fauſtkämpfen der Alten ſtatt fand.

Digitized by Google

XXIII.

Nach dieser Erklärung über den Mechanismus beim Stehn halte ich es für überflüssig, genauere Erläuterungen über das zu geben, was Winslow, Albinus, Haller und Andere über die Verrichtungen verschiedener Muskeln, der Strecker, der Beuger, der anziehenden und abziehenden, gesagt haben.

Man sieht leicht ein, wie mächtig die Action dieser Muskeln zur Aufrechthaltung des Körpers beiträgt, wenn man bedenkt, daß die Wölbungen der Plattfüße, auf welchen der Körper beim Stehn ruht, nur mit sehr kleinen Flächen den Boden berühren, und daß das geringste Wanken des Knochengebäudes diese Stützen des Körpers erschüttern kann. Ich muß hier noch eine Bemerkung machen, die mir wichtig zu sein scheint, und die man dennoch bis jetzt nicht gemacht hat.

Im gesunden Zustande erhalten der Mensch und das vierfüßige Thier beim Stehn die Gelenke der Gliedmaßen gewöhnlich in einem nicht vollkommen ausgedehnten Zustande; sondern sie sind gemeiniglich schwach gebogen.

Der Grund davon scheint mir darin zu liegen, daß, während die Ausdehnung der einen dieser Gelenkverbindungen vollkommen bleibt, ihre Streckmuskeln, indem sie ihre natürliche Länge erhalten, zu simpelen Saiten werden. In diesem Falle sind sie zu keiner Wirkung mehr fähig, als nur in so fern das Wanken des Knochengebäudes sie dazu von neuem reizt, indem sie dadurch ausgedehnt werden. So lange der Mensch bei Kräften ist, verhindert er diese Bewegungen durch Erschütterungen,

Digitized by Google

die beständig wiederhohlt werden, indem er den Gelenken eine schwache Biegung giebt, die er durch eine bestimmte, kraftvolle und beständige Zusammenziehung ihrer Streckmuskeln unterhalten kann.

Die Zusammenziehung dieser Muskeln in dem Kniegelenke übersteigt den Widerstand der tonischen Action der mit ihnen antagonisirenden Beugemuskeln: zugleich hebt sie einen Theil der Last des Körpers auf, den sie auf solche Weise in einer halb hängenden Lage erhält: auch vermindert sie den Druck dieser Last auf die unteren Gelenke. Ungeachtet also das ganze Gewicht von den Muskeln des Körpers getragen wird, so vertheilt sich doch der Druck desselben auf eine Menge von Gelenken.

Aber je schwächer der Mensch oder das Thier ist, um desto mehr werden diese Gelenke ausgedehnt, und ihre Streckmuskeln erhalten dadurch Momente von absoluter Ruhe. Während der letzteren vermindert keine wechselseitige Zusammenziehung dieser Muskeln den Druck des auf seinen Stützen lastenden Körpers. Das ist der wahre Grund, warum der Mensch bei einem höheren Grade von Schwäche sich viel schwerer fühlt. Da die Last des Körpers gänzlich auf den unteren Gelenken der Beine ruht, so müssen alsdann die Streckmuskeln dieser Gelenke sich beim Fortschreiten viel stärker anstrengen. Eben deßwegen hinterläßt ein matter Ochse viel tiefere Spuren seiner Tritte im Boden, als wenn er noch voll Munterkeit ist. 54)

54) Bos lassus fortius figit pedem. *Erasm.* proverb.

XXIV.

Daubenton sagt, 55) die Kraft, die uns aufrecht erhält, habe vorzüglich in dem zweibäuchigen Schenkel- und in dem langsehnigen Muskel des Plattfußes ihren Sitz. Unstreitig tragen auch diese Muskeln zum Aufrechtstehn bei. Indessen muß man doch die vorzüglichste Kraft in den Lenden- und Schenkelmuskeln suchen, die bei den Menschen außerordentlich stark sind.

Nach Daubenton sollen beim Gibbon, und selbst beim Jocko, (Affenarten, die bekanntlich vermöge ihres Baues am bequemsten aufrecht gehn können,) die zweibäuchigen und langsehnigen Muskeln des Plattfußes nicht dick und stark genug seyn, um die unteren Gliedmaßen gerade zu ziehn, und deßwegen sollen diese Affen nie mit der Leichtigkeit, als der Mensch, sich aufrecht halten können. 56)

Inzwischen gehn diese und andere Affen sehr gut auf ihren Hinterbeinen, deren Gelenke aber immer etwas gebogen zu sein pflegen, statt daß die Unterfüße des Menschen beim Gehn oft ganz gerade gedehnt sind. Die bloß relative Schwäche der zweibäuchigen und langsehnigen Muskeln beim Affen giebt über diesen Unterschied keinen befriedigenden Aufschluß; denn diese Schwäche kann die vollkommene Dehnung des Kniegelenks durch die Action der Streckmuskeln nicht verhindern.

Vicqd'azyr ging einen Schritt weiter. 57) Er bemerkte, daß beim Mandrill und bei anderen Affen die

55) Encyclop. méth. dictionn. des anim. introd. hist. nat. de l'homme, p. XIX.

56) Daſ. S. XX.

57) Syst. anat. des anim. p. 51.

Digitized by Google

Beugemuskeln der Unterfüße, sich an einer tieferen Stelle an das Schienbein setzen als beim Menschen: dergestalt bilden, nach seiner Meinung, ihre Sehnen eben so viele Saiten, die sich der vollkommenen Streckung des Unterfußes widersetzen. 58)

Schon Perrault hatte bemerkt, daß wegen der Enge der Darmbeine und der Lendenmuskeln das Becken bei den Affen nicht so sehr ausgedehnt und nach hinten gezogen werden kann, als beim Menschen.

58) Es fällt in die Augen, daß der Widerstand, den diese Saiten der Streckung des Knies leisten, größer ist, wenn die Sehnen dieser Muskeln, (ihre gleiche Länge voraus gesetzt,) sich nahe bei diesem Gelenke ansetzen; und das hat Vicqd'azyr sagen wollen.

Aus einem ähnlichen Grunde wird beim Stehn oder Gehn der Affen die Ferse im natürlichen Zustande von der Erde gehoben. Ruhte sie auf derselben, bei gestrecktem Knie, dergestalt, daß auch die ganze Sohle sich auf die Erde stützte; so sind bei diesen Thieren der zweibäuchige und Sohlenmuskel zu kurz, als daß die Gelenkverbindung des Unterfußes mit dem Plattfuße sich so erweitern könnte, wie bei einem Menschen, der aufrecht steht, oder als es zu einer hinreichenden Aufrichtung des Körpers erfordert wird.

Vermöge ähnlicher genau bestimmter Verhältnisse der Länge der Streck- und Beugemuskeln zur Länge der articulirten Knochen, an welche sie sich ansetzen, begrenzt die Natur bei verschiedenen vierfüßigen Thieren die Grade der Biegung und Streckung, deren jedes Gelenk ihrer Gliedmaßen fähig ist. Die Richtung jeder Biegung wird durch den entgegen gesetzten Widerstand der hervor springenden Knochen, besonders der sesamförmigen, der Kniescheibe u. s. f., bestimmt.

Digitized by Google

Vicqd'azyr folgert aus diesem Baue, daß die Affen beim Gehn immer etwas gekrümmt sind und nie eine ganz gerade Stellung haben. Dies ist alsdann gewiß, wenn man mit diesem großen Anatomen annimmt, daß nur bei einer vollkommenen Dehnung des Hüft- und Kniegelenks eine wahrhaft gerade Stellung statt finden könne.

Aber Vicqd'azyr schließt mit Unrecht [59]) aus dieser beschwerlichen Dehnung der Gelenke in den hinteren Gliedmaßen der Affen, daß die Stärke der durch diese Gelenke verbundenen Theile zur Fortdauer des Gleichgewichts nicht hinreichend sei, und daß die Affen sich nicht lange, ohne zu wanken, auf ihren Hinterbeinen erhalten können. [60]) Hätte Vicqd'azyr bloß sagen wollen, daß die Affen sich nicht, ohne zu wanken, beim Gehn auf ihren Hinterbeinen erhalten können; so liegt

59) L. c. p. 258.

60) Diese Behauptung, so allgemein ausgedruckt, ist unrichtig, denn es giebt mehrere Affen-Arten, die auf ihren Hinterfüßen aufrecht gehn. Dies würden sie nicht vermögen, wenn sie sich nicht lange und ziemlich fest auf diese Füße stützen könnten.

Nach Battel geht der Pongo allezeit aufrecht. de la Brosse versichert ebenfalls, daß der große Orangutang nach Belieben auf zwei und auf vier Beinen gehn könne. Der kleine Orangutang, oder der Jocko, geht auch gewöhnlich auf seinen Hinterbeinen, mit etwas gebogenen Knieen. Auch der, den Büffon sah, ging beständig aufrecht.

Auch die Meerkatze und der Mandrill gehn oft auf zwei Füßen.

die Ursache keinesweges in der relativen Schwäche der durch die Gelenke verbundenen hinteren Gliedmaßen, sondern darin, daß diese Affen aufhören sich auf diese gebogene Gelenke zu stützen, und daß sie sich mit ihren Ferſen auf die Erde stützen wollen.

Daubenton sah, daß, indem ein Gibbon im Gange sich aufhalten und aufrecht stehn wollte, sein ganzer Körper wankend auf den Ferſen ruhte, die Spitze der Füße in die Höhe gerichtet war, und daß er diese gezwungene Lage nicht lange auszuhalten vermochte. Dieſelbe Beobachtung hat er auch auf andere Affen, die auf ihren Hinterbeinen gehn können, ausgedehnt. 61)

Wenn ein ſolcher Affe beim Stillſtehn ſich auf die Ferſe ſtützen will, die gewöhnlich etwas in die Höhe gerichtet iſt; ſo zieht er anfangs die Streckmuskeln des Kniegelenks ſo ſtark als möglich zuſammen, indem er das Ende des Plattfußes fixirt und dergeſtalt das Ferſengelenk zum Niederſinken bringt. Da die Ferſe auf ſolche Art gewaltſam niedergedrückt wird, ſo folgt ihr auch der Plattfuß: dadurch wird die Niederbiegung der Gelenkverbindung des Plattfußes mit den Zehen geſchwächt, und ſo erhebt ſich die Spitze des Plattfußes, indem die Ferſe den feſten Ruhepunkt darbietet. Natürlich muß nun der Affe wanken, da die Ferſe nur eine ſehr kleine Unterſtützungsfläche gewährt.

Die Affen ſtützen ſich auf ihre Hinterbeine, ſo wohl wenn ſie gehn, als auch wenn ſie in einer halb aufrechten Stellung ſitzen. In dieſem Falle würde die Unter-

61) L. c., p. XX. XXIII.

stützungsfläche ihres Körpers zu sehr verkürzt seyn, wenn bei der Erhebung ihrer Ferse die relative Länge ihrer Zehen dieser Grundfläche nicht eine größere Ausdehnung gäbe. Diese letztere kann selbst durch die Abziehung ihrer großen und kleinen Zehe noch vermehrt werden.

XXV.

Boerhaave behauptet zu rasch, [62]) daß ein Mensch keine Last tragen könne, die schwerer als sein Körper ist. Das Gegentheil ergiebt sich aus dem Beispiele der Lastträger, die ungeheure Gewichte von einem Orte zum andern bringen, indem sie immer ganz kleine Schritte thun, auch sich gewöhnlich auf einen Stock stützen. Man muß Boerhaavens Behauptung dahin einschränken, daß man annimmt, ein Mensch könne allerdings eine schwerere Last heben, als die dem Gewichte seines Körpers gleich ist, wenn nur die Directions-Linie des Schwerpunkts der Last so wohl als des Menschen selbst noch immer auf die Unterstützungsfläche fällt. [63])

62) Praelect. in propr. instit. rei med., n. 412.

63) Ich bemerke bei dieser Gelegenheit, daß, wenn ein Mensch seine Arme anstrengt, um eine Last zu heben, die eben so schwer, wo nicht noch schwerer ist als er selbst, er alsdann die Wirbelsäule sehr gerade richten und die Halswirbel mit beträchtlicher Kraft steif machen muß, um den Ursprüngen des Delta-Muskels und anderer Muskeln, die den Arm bewegen, mehr Festigkeit zu geben.

Dies ist die Ursache, warum der Nacken beim Heben großer Lasten steif wird. Daher bildeten die Alten die Kämpfer, besonders den Herkules und Antäus, mit steifem Na-

Auf gleiche Weise muß man darüber urtheilen, wenn man sieht, daß andere Thiere sehr schwere Lasten heben. Wenn die Ameise viel schwerere Körper fortschleppt, [64]) so rührt dies nicht daher, weil sie verhältnißweise größere Kräfte als irgend ein anderes Thier hat; sondern ohne Zweifel liegt der Grund darin, daß sie sich nicht bloß auf die Erde stützt, sondern weil sie sich bei einer solchen Anstrengung mit den Hacken oder Nägelchen des letzten Paars ihrer sechs Beine anklammert.

Man sieht mit Borelli [65]) sehr leicht ein, daß der Fall des menschlichen Körpers durch keine Anstrengung der Muskeln verhütet werden kann, da so oft die Directions-Linie seines Schwerpunkts außerhalb der Sohlen der Plattfüße oder außerhalb des Vierecks fällt, welches sie einschließen.

Wallis glaubte, [66]) selbst alsdann, wenn die Linie des Schwerpunkts etwas über diese Fläche hinaus falle, könne der Körper dennoch durch die Wirkung der Muskeln der Wirbelsäule, wenn sie sehr stark seyn, wieder aufgerichtet werden. Aber augenscheinlich hat Wallis sich hierin geirrt.

Wie stark und mannigfaltig auch die Action der Muskeln auf die verschiedenen Gelenke des Körpers seyn

cken, worüber man Spence (Polymetis, p. 122.) nachlesen kann. Dies drucken auch Martial (Lib. XIV. ep. 48.) und Juvenal (Sat., III. v 88. 89.) aus.

64) Wie es mehrere Schriftsteller bemerkt haben, die Bochart (Hierozoic, P. II. col 601) anführt.

65) De motu anim., P. I. prop. 140.

66) Opp. mathem., vol. I. p. 1061.

mag, so werden sie das Fallen doch nie verhindern können, so bald die Neigungslinie des Schwerpunkts nicht mehr auf die Unterstützungsfläche fällt.

In der That kann die Last des Körpers, die alsdann über diese Grundfläche hinaus fällt, die unteren Gliedmaßen nicht mehr auf derselben fixiren. Die Streckmuskeln der Wirbel und aller übrigen oberen Theile des Körpers können die letzteren so wenig gegen die unteren ziehn, die alsdann nicht mehr fixirt sind, daß sie diese vielmehr der fallenden Masse nachziehn müssen.

Wahrscheinlich hat sich Wallis zu seiner Behauptung dadurch verleiten lassen, daß er bemerkte, wie die Wirbelmuskeln bei einem falschen Tritte den Rumpf mit Gewalt gerade ziehn; bei einem solchen falschen Tritte ist zwar die Linie des Schwerpunkts sehr nahe dabei, über die angegebene Grundfläche hinaus zu fallen, aber in der That geschieht dieses doch nicht.

XXVI.

Ich will einige Bemerkungen über den Nutzen des Schwanzes zur Sicherung des Stehns bei verschiedenen Thierarten hinzu fügen.

1. Man bemerkt, daß wilde Thiere, wenn sie erschrecken oder plötzlich in Furcht gerathen, den Schwanz niederhängen und ihn zwischen die Beine nehmen. Nach Aristoteles Behauptung [67]) hat man dies selbst bei dem Löwen bemerkt, so wie es vom Wolfe sehr bekannt

67) Hist. anim., lib. IX. c. 44.

Digitized by Google

ist. [68]) Man hat gesagt, daß die Thiere desto schneller laufen können, je mehr sie den Schwanz einbiegen. Aber dies scheint nur in so fern wahr, als durch diese Einbiegung das unsichere Schwanken des Schwanzes, eine Folge der Furcht, hervor gebracht und dadurch das Laufen gehindert wird. Denn wenn diese Thiere auch noch viel schneller laufen, ohne in Furcht gesetzt zu seyn, so ziehn sie den Schwanz keinesweges zwischen die Beine.

Es muß daher diese automatische Bewegung nothwendig von der Furcht herrühren. Die gewöhnlichste Wirkung dieser Leidenschaft auf die Thiere besteht darin, daß sie, durch eine instinktmäßige Bewegung, vermöge deren sie der Gefahr sich weniger auszusetzen suchen, sich so sehr als möglich zusammen nehmen. Schwachen Thieren ist diese Anstrengung öfters sehr nachtheilig, weil sie die Bewegungen hindert, die diese Thiere dem Gesetze des Stärkeren entziehn könnten. [69])

68) Virgil Aen., XI. 811.

„Wie nach des Hirten Ermordung der Wolf,
seiner verwegenen That sich bewußt, und unter den Bauch sich
schmiegt den zitternden Schweif, und in bergende Waldungen
eindringt."

69) Dazu kommt, daß die allgemeine Erschütterung, die der Schrecken hervor bringt, besonders die Theile zu ergreifen scheint, die in der Nachbarschaft des Ursprungs des Schwanzes liegen.

Die Griechen haben ebenfalls dieser Leidenschaft das Niederbiegen des Schwanzes bei diesen Thieren zugeschrieben, und bemerkt, daß auch beim Menschen sich um das Gesäß her ähnliche Wirkungen der Furcht, als Schweiße im Mittelfleische u. s. w., äußern. Daher leitet Eustathius das Wort ὀρρωδεῖν (in Il. E. p. 122.).

Digitized by Google

Der Hund pflegt ebenfalls alsdann seinen Schwanz zwischen die Beine zu nehmen, wenn er sich stärker machen will, um anzugreifen oder sich zu vertheidigen. Ravelly hat dies bei einem tollen Hunde wahrgenommen, 70) der im Begriffe stand zu beißen. In diesem Falle ist der Schwanz durch die Wirkung der Muskeln, die ihn nach unten beugen, sehr stark zusammen gezogen; die Spannung der Streckmuskeln des Schwanzes bewirkt eine Aufrichtung der Fortsätze der Lendenwirbel, und diese geben nun den Muskeln der Lenden und des Kreuzbeins, so wie dem langen Rückenmuskel, desto sichrere Punkte zur Befestigung.

2. Wenn der Hund einem Menschen schmeicheln will, so macht er sich kleiner, drückt sich an die Erde und wedelt mit dem Schwanze. Seine vier Pfoten sind in diesem Falle sehr stark gebogen, und er würde sich schwerlich auf dieselben stützen können, wenn er seinem Schwanze nicht zugleich die Bewegung einer Balancir-Stange gäbe.

3. Denen vierfüßigen Thieren, deren Leib sehr gestreckt ist, wie die Katzen, die Wiesel und andere, dient die Länge des Halses und des Schwanzes dazu, daß die Füße, wenn sie durch den Rumpf niedergedrückt werden, nicht gegen einander gezogen werden können. Ueberhaupt haben alle Thiere einen desto stärkeren Schwanz, je größer die Last ihres Hinterleibes, und je kürzer der Hals im Verhältnisse zur Länge des Leibes ist. Dies gilt besonders vom Beutelthiere und der Jerboa.

4. Der Schwanz dient auch dazu, das Stehn vierfüßiger Thiere zu sichern, wenn sie sich auf die Hinter-

70) Traité de la rage, p. 81.

Digitized by Google

beine erheben; denn er bildet alsdann einen Hebel, der hinterwärts gestreckt und vom Körper entfernt ist. 71)

Vermöge dieses langen Hebels setzt sich der Hinterleib mit dem Vorderleibe, in Rücksicht auf die Mittelpunkte der Bewegungen, ins Gleichgewicht. Dies bemerkt man vorzüglich deutlich bei den Eichhörnern. Beim Palmisten, der auf Palmbäumen lebt, steht der Schwanz senkrecht in die Höhe, da die Stellung des Leibes auch gewöhnlich aufrecht ist. Aber bei andern Arten dieser Thiere krümmt sich der große Schwanz bald nach hinten, bald wird er an den Körper zurück gezogen, nachdem der Schwerpunkt, bei den verschiednen Stellungen des Thiers, bald zu sehr nach vorn, bald nach hinten fällt.

5. Die Ratzenarten, mit kurzem Halse, dickem Leibe und stark gebogenen Füßen, würden beim Stehn, und vorzüglich bei fortschreitenden Bewegungen, leicht umfallen, wenn der lange, gleichsam kriechende, sich immer auf den Boden stützende Schwanz nicht beständig diesen Seitenbewegungen einen beträchtlichen Widerstand leistete.

6. Es giebt eine Art von Eidexen, die Gesner und Johnston unter dem Nahmen: *caudiverbera*, beschrieben haben, und zu der verschiedene afrikanische Eidexen, der Dab, der Bukaschasch und Warral, gehören. Shaw sagt, daß der Bukaschasch, so oft er still steht, mit dem Schwanze schlage; der Warral hingegen thue dies beim Laufen. Vermuthlich mäßigen oder hemmen diese Eidexen

71) Das Skelett des Fuchses in *Blasius* anatom. anim., tab. XXXIII. fig. 11.

durch ein solches Schlagen mit dem Schwanze die zu starken Seitenbewegungen, die mit ihrem schnellen Fortschreiten verbunden sind, und die ihren sehr langen Körper, der noch dazu auf schwachen Beinen ruht, leicht zum Umfallen bringen könnten.

Das Kamäleon wankt noch viel stärker im Gehn, weil seine Beckenknochen nicht genau genug mit dem Kreuzbeine verbunden sind. Es widersteht aber der Abmattung seines Körpers dadurch, daß es seinen Schwanz immer in einer parallelen Richtung mit der Oberfläche der Gegenstände hält, auf denen es fortschreitet.

7. Die Thiere, deren Hinterbeine dem Körper einen starken Seitendruck mittheilen, haben gewöhnlich einen sehr starken Schwanz. Jene stärkere Seitenbewegung rührt gemeiniglich von der größeren Länge der Hinterbeine her. Zu diesen Thieren gehören das Eichhorn, die geschwänzten Affen, der Mokoko u. s. w. Ihnen dient der Schwanz zur Unterstützung des Körpers, die sonst sehr beschwerlich werden müßte, weil jene Seitenbewegungen den Körper oft ganz nach einer Seite hin drängen.

8. Wenn überhaupt der Schwanz eines Thieres nach einer Seite bewegt wird, so widersteht diese Bewegung der Neigung des Körpers nach der entgegen gesetzten Seite, die durch das Wanken beim Stehn und bei fortschreitenden Bewegungen bewirkt wird, [72]) Auf diese

72) Der Nutzen des Schwanzes zur Mäßigung der Seitenbewegungen wird dadurch noch einleuchtender, wenn man bemerkt, welche schiefe Fortschritte die Krabbe ohne Schwanz gegen den geschwänzten Krebs macht. (Vergl. Bradley's philosoph. account of the works of nature, p. 55.)

Digitized by Google

Art hilft das wechselseitige Spiel des Schwanzes diese fortschreitende Bewegung beschleunigen, indem die Stärke jenes Wankens dadurch gemäßigt wird. 73)

Wenn sich langgeschwänzte Thiere fortbewegen, so geben sie ihrem Schwanze gewöhnlich eine solche Richtung, wie sie dieser Bewegung angemessen ist. Ist z. B. ein solches Thier in vollem Laufe, indem es bei jedem Sprunge beide Vorderbeine zugleich aufhebt, so hat sein Schwanz eine vortheilhafte Richtung, wenn er horizontal steht. Da indessen im Verhältnisse des Grades jener Erhebung die Verlängerung des Hebels, den der Schwanz darstellt,

73) Johnson sagt in seinem Commentar zum Shakspeare, (Merry wives of Windsor, act. II. scen. 1. beim Worte: curtail-dog) der Schwanz befördere vorzüglich die Behendigkeit eines Jagdhundes, und es heiße, einen Hund nach Jagd-Gesetzen entehren, wenn man ihm den Schwanz abhacke.

Wäre der Schwanz des Jagdhundes zu lang, so würde er ihm ohne Zweifel beim Laufen hinderlich sein. Aber wenn er nur mehr lang als kurz ist, so befördert er die Schnelligkeit des Laufs, nachdem der Hund die Vorderfüße mehr oder weniger erhebt, mehr oder weniger beträchtliche Umwege macht, u. s. f.

Obgleich Gratius behauptet, ein Jagdhund müsse einen kurzen Schwanz haben, so scheint Oppian doch mehr Recht zu haben, wenn er dem behenden Jagdhunde einen langen, nervigen und biegsamen, (so übersetze ich στρεφνὴν,) Schwanz giebt. Kann der Schwanz bei seiner Länge dennoch gehörig gebogen werden; so hat das Thier ihn auch ganz in seiner Gewalt, um ihn so zu richten, wie es der Lauf erfordert.

Digitized by Google

weniger nothwendig ist, so kann das Thier durch verschiedene Biegungen die Länge desselben vermehren oder vermindern, ohne daß die Hauptrichtung darunter leidet.

Diese Thiere nehmen oft bei einem sehr schnellen Laufe häufige wechselseitige Bewegungen mit den Beinen derselben Seite vor, und die Neigung des Körpers nach einer Seite wird oft durch ein mehr oder weniger beträchtliches und schleuniges Umlenken verstärkt. Alsdann haben die verschiedenen Theile ihres Schwanzes Krümmungen, die nicht allein verschieden sind, sondern auch in verschiedenen Flächen liegen, wie man dies an den Bewegungen, die die Katzen mit ihrem Schwanze vornehmen, sehr deutlich sehen kann. Aus dem, was vorher angeführt worden, ergiebt sich, wie diese mannigfaltige Biegungen nützlich seyn können.

XXVII.

Zum Schlusse dieses ersten Abschnitts will ich verschiedene Wahrnehmungen über das Stehn der Vögel, so wohl wenn sie ruhn als wenn sie fortschreiten, hinzu fügen.

Der Körper der Vögel ist oben viel schwerer als unten, und hat eine schiefe Richtung gegen den Horizont. Dadurch wird er beim Stehn und Gehn desto besser im Gleichgewichte gehalten, da die Schenkel fast bis in die Mitte des Körpers hinauf gehn, und sich dort erst mit den Unterfüßen durch Gelenke verbinden. 74)

74) *Aristot.* de part. animal., lib. IV. c. 12. De animal. incessu, c. 11.

Digitized by Google

Vermöge dieser Stellung sind die Füße des Vogels natürlich immer mehr nach vorn gerichtet, und es fällt daher die Linie des Schwerpunkts viel leichter auf die Unterstützungsfläche, die die Füße darbieten.

Zu den übrigen Mitteln, durch welche das Stehn der Vögel erleichtert und gesichert wird, gehören:

1. Die Lage der Flügel, die allezeit hinter die Wirbelsäule zurück geworfen werden. Je größer die Flügel sind, und je mehr sie nach vorn fallen, desto beschwerlicher wird der Gang.

2. Der Bau ihrer Füße. Am Ende der langen Knochen der Unterfüße haben sie sehr weit von einander stehende Zehen, deren eine, die hintere, als eine eigenthümliche Ferse, zur Ausdehnung der Unterstützungsfläche sehr vortheilhaft ist.

Bei verschiedenen Vögeln ist der Bau der Füße zum Stehn vorzüglich bequem eingerichtet. So können die Lerchen sehr leicht über Ackerfelder hin laufen, weil ihre Hinterzehe oder der Sporn ihrer Füße sehr lang ist. Der Strauß hat ebenfalls einen zum Stehn sehr bequemen Bau der Füße; die Zehen sind nämlich nach vorn sparrig und nach hinten zusammen gedrängt. 75)

3. Die Bewegung des Schwanzes der Vögel dient, wenn er vorzüglich lang ist, als Balancir-Stange, zur Sicherung des Stehens.

Die Bachstelze macht langsame Schritte, indem sie ihren Schwanz beständig auf und nieder bewegt. Durch

75) Die Araber nahmen auf diese Beschaffenheit der Füße Rücksicht, wenn sie dem Strauße den Nahmen: Afjaan und Arvao, gaben.

diese wechselseitige Bewegung wird der Körper wieder aufgerichtet, wenn er nach vorn fallen will, und durch dieses instinktmäßige Spiel erhalten alle Bewegungen des Körpers eine sonderbare Präcision. Dem Rothkehlchen genügt dieses Mittel nicht, um sich zu fixiren, sondern es schlägt unaufhörlich zugleich mit den Flügeln, so lange es aufrecht steht.

Man sieht leicht ein, daß, wenn die Vögel in dieser Stellung mit einer gewissen Kraft wirken wollen, diese Mittel nicht hinreichen, um das Stehn derselben genugsam zu sichern. So pflegen die Hähne, wenn sie treten wollen, oder wenn sie ihren Feind angreifen, die Flügel sehr stark gegen die Seiten zu schlagen. Man sagt, dies geschehe, um sich anzuklammern; vielmehr aber thun sie dies, um das Wanken auf die Seite zu hemmen.

Wenn Raubvögel im Begriffe sind, ihre Beute an der Erde zu zerreißen, so schlagen sie dieselbe sehr stark mit ihren Flügeln, indem sie zugleich mit den Klauen und dem Schnabel hinein hacken. [76]) Diese Bemerkung hat Aristoteles schon an den Sperbern angestellt. Da sie bei diesen starken Anstrengungen nur wenig unterstützt sind, so helfen sie dergestalt der Unbequemlichkeit ab, die durch das häufige und beträchtliche Wanken ihres Körpers entsteht.

Wenn der Hahn sehr stark und lange krähet, so pflegt er auch dabei seine Seiten mit seinen Flügeln zu

76) Homer Il., XI. 454.

— „Des Raubes
„Vögel zerhacken dich bald, mit den Fittigen froh dich um„flatternd.“

ſchlagen. Schon die Alten haben dies bemerkt, 77) aber niemand hat den Grund davon angegeben. Dieſer beſteht darin, daß die Anſtrengung beim Krähen den ganzen Körper des Thiers erſchüttert, und daß es dadurch zum Umfallen gebracht werden könnte, wenn es nicht durch dieſe Bewegungen mit den Flügeln das Wanken zur Seite hemmete.

Auch pflegt ſich der Hahn lang in die Höhe zu richten, wenn er krähen will; dies iſt ebenfalls ein Mittel, wodurch er jenen Erſchütterungen Einhalt thut. 78)

XXVIII.

Ein merkwürdiger Umſtand bei dem Stehn der Vögel iſt der, daß ſie ſich auf Aeſten und Zweigen von Bäumen, die ſie mit ihren Klauen umfaſſen, ſehr feſt halten, und ſelbſt in dieſer Stellung ſchlafen können. Ja was noch mehr iſt, kein Windſtoß iſt im Stande, ſie alsdann hinunter zu werfen, und bisweilen bleiben ſie auf dieſe Weiſe noch nach dem Tode hängen. Borelli verſuchte von dieſer ſonderbaren Sache eine mechaniſche Erklärung zu geben, 79) die von Monro wiederhohlt, aber von Vicqd'azyr gründlich widerlegt worden. 80) Inzwiſchen kennt man keine andere Erklärung dieſer That-

77) *Lucret.* de rer. nat., lib. V.

— — noctem explaudentibus alis
Auroram clara conſuetum voce vocare.

78) *Caſaub.* in Athen. deipnoſ., col. 646.

79) P. I. pr. 149. 150.

80) Mém. de l'acad. des ſciences, ann. 1774.

sache, sondern schreibt sie auf sehr unbestimmte Art der Reizbarkeit der Muskeln zu.

Ich glaube, daß der wahre Grund dieser Erscheinung in der überwiegenden tonischen Kraft der Beugemuskeln der Klauen und der Zehen liegt. Diese bleibt während des Schlafes wirksam, ja, sie ist dann bisweilen noch auffallender. Denn auch bei Menschen, die in einem tiefen Schlafe liegen, bemerkt man eine beträchtliche Zusammenziehung der Beugemuskeln. Ueberfällt der Tod die Vögel, während die tonischen Kräfte ihrer Muskeln so ungleich vertheilt sind, so bewirkt er in den Beugemuskeln ihrer Klauen einen tonischen Krampf, der, wie es auch bei Menschen zu geschehn pflegt, noch nach dem Tode fortwähren kann.

Uebrigens ist bekannt, daß die Vögel beim Schlafen den Kopf unter einen von beiden Flügeln stecken; dies geschieht offenbar, damit ihr Schwerpunkt, der hinterwärts liegt, seine Neigungslinie in den Zwischenraum der Füße fallen lasse.

XXIX.

Gewissen Vögelarten wird das ruhige Stehn vorzüglich schwer. Zu diesen gehören die Raben und die Tauben. Bei diesen Vögeln liegt das ganze Gewicht der Masse ihres Körpers zu sehr nach vorn; die Anstrengung der Muskeln, die den Rumpf beim Stehn aufrecht erhalten, kann nicht lange fortdauern, ohne geschwächt zu werden; und alsdann wirkt der Schwerpunkt des Körpers durch einen sehr langen Hebelarm auf den Mittelpunkt des Gleichgewichts oder der Bewegung. Dieser

Digitized by Google

Hebel wird sogleich verkürzt, wenn der Kopf herunter fällt; aber unmittelbar nachher richten die Streckmuskeln den Kopf wieder in die Höhe.

Verschiedene Vögel bücken sich mit dem Kopfe und Halse bei jedem Schritte, und strecken gleich nachher beide wieder vor. Diese Verlängerung des Halses zieht den Körper nach vorn; dieser ruht auf einem Beine, während das andere vorschreitet, sich fixirt und sich aufrichtet, um ihn zu unterstützen.

Gleich nachdem die Vögel, gleichsam als Vorbereitung zu jedem Tritte, ihren Kopf und Hals bewegt haben, richten sie beide sogleich wieder auf, und der Hahn erhebt über dies seinen Schwanz, der sichelförmig gekrümmt ist; dies geschieht, um den Körper am Fallen zu hindern, da derselbe auf dem vorgesetzten Beine ruht. Diese wechselsweise wiederhohlte Erschütterungen treiben den Schwerpunkt des Körpers nach oben und hinten.

Aehnliche Bewegungen, wodurch der Kopf aufgerichtet wird, beobachtet man bei Menschen, die im Laufen schwere Lasten tragen; es hindern diese Bewegungen, daß die Last den Körper nicht zu sehr vorn über drückt, weil die Streckmuskeln der Wirbel während ihrer Zusammenziehung eine vorüber gehende Schwäche erleiden.

Daß der Körper eines Vogels vor jedem vorher gehenden Tritte sich nach vorn wirft, kann man besonders dann am deutlichsten bemerken, wenn das Thier einen Gegenstand antrifft, den es übersteigen muß. Vermöge dieses Mittels hat das Bein, welches hinaufwärts

Digitized by Google

tritt, weniger Anstrengung nöthig, um den Körper zu tragen, als wenn er zurück gehalten würde und nach hinten fiele.

Es giebt Vögel, deren Körper beim Stehn so sehr nach vorn fällt, daß er hinfallen würde, wenn das Thier im Gehn nur ein Bein nach dem andern bewegte. Dergleichen Vögel, zu denen die Sperlinge, die Amseln und die Elster gehören, müssen daher immer beide Beine zugleich bewegen. Sie schreiten daher niemahls, sondern hüpfen immer in kurzen und wiederhohlten Sprüngen.

Indessen bewegen die meisten Vögel im Gehn einen Fuß nach dem andern. Kreisförmig bewegen sie ihre Füße vorwärts, als ob sie auf Stelzen gingen; dies thun alle Sumpfvögel, die Kraniche, die Reiher und die Störche. 81)

Bei Vögeln, die einen dicken und schweren Körper haben, ist ein jeder Tritt mit einem Wanken des Körpers nach der Seite hin verbunden, auf welche der Körper sich neigt. Bei der Ente bemerkt man dies am deutlichsten.

Thut der Vogel schnelle Schritte, bei welchen der Körper nicht so sehr auf dem einen oder andern Beine ruht, so bemerkt man im Hintertheile des Körpers ein deutliches Zittern von einer Seite zur andern. Diese Bewegung wird durch den Stoß veranlaßt, den der sich

81) Daher werfen dergleichen Vögel ihre Füße vorwärts: daher gehn sie ohne Grazie, und müssen oft laufen, weil sie nicht ruhig stehn können. Plin. lib. X. c. 23. 38. Schol. Theocrit. id., X. v. 18.

schnell erhebende Schenkel der einen Seite dem Steißbeine mittheilt. Wenn ein Huhn z. B. läuft, so kann man diese Erschütterung des Steißbeins sehr deutlich bemerken.

Von einem ähnlichen Seitenstoße des Hinterleibes muß man wahrscheinlich den eigenen Gang des Kasuars herleiten. Er scheint nämlich, so oft er einen halben Schritt vorwärts thut, zugleich hinten auszuschlagen; und doch kann er bei diesem seltsamen Gange so geschwind laufen, als der beste Renner.

Digitized by Google

Zweiter Abschnitt.

Von den fortschreitenden Bewegungen des Menschen.

Alle fortschreitende Bewegungen, bei denen sich der Mensch nicht merklich von dem Boden erhebt, gehören zum Gehn. Der Sprung allein ist eine fortschreitende Bewegung, wobei sich der Mensch von der Erde entfernt.

Wir werden also in diesem Abschnitte die Theorie des Gehns und des Springens vortragen.

Erster Theil.

Theorie des menschlichen Ganges.

I.

Außer dem natürlichsten Gange kann der Mensch noch auf sehr verschiedene Weise gehn.

Er kann jedes von beiden Beinen wechselsweise fortbewegen, indem er anfangs die Theile dieses Beins erhebt und die Hüfte von unten nach oben zurück zieht, wodurch das Knie nach vorn, grade über den Ort fällt, wohin gleich darauf der Plattfuß gesetzt wird. Er kann zugleich diese Bewegung erleichtern, indem er den Rumpf des Körpers über dem ruhenden Beine nach vorn neigt. Hallers Theorie vom Gehn [1]) schränkte sich bloß auf diese Bewegungen ein. Ungeachtet nun das Fortschreiten durch diese Bewegungen bewirkt werden kann, so würde es doch, wenn es von ihnen allein abhinge, viel

1) Elem. physiol., vol. IV. p. 567.

unsicherer und eingeschränkter als der gewöhnliche Gang seyn. Den letzteren werde ich weiter unten beschreiben.

Der Mensch kann auch fortkommen, indem er die Plattfüße an der Erde fortschleppt. Er kann ferner gehn, indem er das gestreckte Bein erhebt, oder es wie eine Stelze herum bewegt, und zugleich durch eine Seitenbewegung an der Erde fortschurrt.

Die letztere fehlerhafte Art zu gehn findet besonders bei verschiedenen Lähmungen statt, wo der Kranke nicht anders gehn kann, als indem er den ganzen Körper gewaltsam von der Rechten zur Linken, und von der Linken zur Rechten dreht, wobei die Füße gleichsam im Kriechen fortgeschleppt werden.

Jede Art des Gehens, wobei der Fuß entweder gar nicht, oder ganz auf Ein Mahl erhoben wird, ist zu nachtheilig, um natürlich zu seyn. Es muß nothwendig das Fortschreiten des Körpers dadurch sehr schwer werden, weil er bei jedem Tritte sich entweder auf der Erde fortschleppt, oder lange und mühsam auf einem Beine wankt.

II.

Gesetzt, daß bei dem gewöhnlichen Gange die Plattfüße gleichmäßig vorgesetzt werden; so wird das Bein, womit man einen Schritt thut, durch die Beugemuskeln des Hüftgelenks vom Boden erhoben und nach vorn gesetzt: darauf wird dieses Gelenk gedehnt und das Bein wieder auf den Boden fixirt. Inzwischen bewegt sich der Schwerpunkt des Körpers, der anfangs von dem andern Beine unterstützt wurde, nach vorn, und die Directions-Linie dieses Punkts fällt nun zwischen die Beine.

In der Stellung, die unmittelbar den Körper zum Gehn vorbereitet, wirft man gewöhnlich ein Bein vor das andere, am öftersten das linke.

Aristoteles sagt, [2]) daß alle Thiere beim Stehn die Beine der linken Seite vorsetzen, und er schließt daraus, daß ihre fortschreitende Bewegung mit der rechten Seite anfangen müsse.

Dem sey nun wie ihm wolle, so halten und bewegen die Menschen, vermöge eines allgemeinen Gebrauchs, der gewiß von einem Naturgesetze abhängt, vorzüglich mit der rechten Hand ihre Waffen und Werkzeuge: dies bestimmt sie, ihr linkes Bein vorzusetzen, um welches diese Werkzeuge nun mit desto größerer Stärke bewegt werden können.

Da also bei Gefechten das linke Bein viel öfter und länger den Angriffen ausgesetzt ist, als das rechte, so pflegten deßwegen die Alten gewöhnlich das linke Bein mit einem Stiefel zu versehn, wovon das rechte entblößt war. [3])

2) De animal. incessu, c. 4.

3) Die triarii bei den Römern (*Liv.* VIII. 8.) hielten das linke Bein gewöhnlich gestreckt, damit sie den rechten Fuß immer zum Marsche vorsetzen konnten.

Auch die Samniter trugen am linken Beine beständig einen Stiefel, (*Liv.* IX. 40.) so wie die Gladiatoren, denen man die Waffen der Samniter gab. (*Juvenal.* sat., VI. 255.) Maffei führt auch von Roland, der unter Karl dem Großen berühmt war, ein Gemählde an, wo er am linken Beine einen Stiefel hat.

Indessen findet man diesen Gebrauch nicht allgemein im Alterthume. Einige pflegten vorzugsweise das rechte

Digitized by Google

Gesetzt, daß unmittelbar vor dem Gehn die Plattfüße ungleich vorgesetzt sind; so steht das Bein, das vorgesetzt werden soll, mehr nach hinten, und ist in Rücksicht des Rumpfes von hinten nach vorn geneigt: der Plattfuß dieses Beines erhebt und bewegt sich, indem durch eine Art von kreisförmiger Bewegung die Theile desselben, von der Ferse bis zur Spitze der Zehen, einer nach dem andern, vom Boden entfernt werden. Dieses Bein, welches auf solche Weise mit seinem Plattfuße sich gegen die Erde stemmt, wird nach oben und vorn getrieben, und treibt den Schwerpunkt des ganzen Körpers gleichfalls mehr nach oben und vorn. 4)

Bein mit einem Stiefel zu bewaffnen, (Lacerda zum Virgil, Aen. VII 689. f.) und diese scheinen die Wurfspieße mit der Linken fortgeschnellt zu haben. Vielleicht diente auch diese Bewaffnung des Beins zugleich dazu, es durch größere Schwere mehr zu fixiren; denn die Beinschienen waren gewöhnlich von Metall. (*Veget.* de re milit. lib., I. c. 20 f.

4) Binninger beschreibt (Cent. V. obs. 70) eine epidemische Krankheit, die von dem Genusse des mit Erven vermischten Brotes herrührte. Die Menschen, welche von dieser Krankheit angegriffen wurden, gingen so schnell als im natürlichen Zustande: aber sie konnten die Füße im gestreckten Zustande nicht zurück halten, und, wenn sie sich anfangs auf die Zehen stützten, so fielen sie wieder auf die Ferse zurück. Wahrscheinlich geschah bei ihnen jene erste kreisförmige Bewegung des Plattfußes, die im Texte beschrieben ist, nicht mit der Beständigkeit als im natürlichen Zustande, obgleich immer der Antrieb kräftig genug war, um eine schnell fortschreitende Bewegung hervor zu bringen.

Digitized by Google

Der Schwerpunkt kann desto leichter fortgeschoben werden, je mehr der Körper, vermöge der Zusammenziehung der Bauchmuskeln und der vorsätzlichen Neigung des Kopfes und Rückgraths, nach vorn gebogen wird.

Also wird der Körper dergestalt fortbewegt, daß er über die Stütze, die ihm das fest stehende Bein darbietet, hinaus zu fallen geneigt ist. Aber der Stoß, den der Körper von dem gestreckten anderen Beine erhält, entfernt endlich auch dieses Bein vom Boden; und dieses rückt alsdann mehr nach vorn als der Körper, um das Fallen zu verhindern. 5)

In eben dieser Absicht biegt sich das Bein, welches den ersten Anstoß gab, so bald es vom Boden sich gehoben hat, so viel als nöthig ist, um das Hüftgelenk, während der Rückgrath wieder aufgerichtet und durch seine Streckmuskeln nach hinten gezogen wird. Zugleich bleibt das Kniegelenk gedehnt und die Gelenke des Unterfußes gebogen. So bald dieser Unterfuß die Erde berührt, so ruht der Körper bloß auf der Ferse, aber nachher dreht sich der Vordertheil des Unterfußes um die Ferse, indem die Spitze desselben sich auf den Boden stützt.

5) Dieses Fallen würde übrigens unvermeidlich seyn, wenn der Plattfuß des fixirten Beins zu sehr verkürzt wäre. Galen (de usu partium, lib. XV. c. 8.) spricht von zwei Menschen, die die Spitzen ihrer Plattfüße verloren hatten. Er sagt, sie hätten zwar gerade auf beiden Füßen stehn, aber nicht ohne Stock gehn können, weil sie sonst die ganze Last des Körpers auf einem verstümmelten Plattfuße hätten ruhn lassen müssen.

Digitized by Google

III.

Diese beide Kreisbewegungen, die der Unterfuß in entgegen gesetzten Richtungen, theils um die Spitze, ehe sich das Bein fortbewegt, theils um die Ferse, nach geendigter Bewegung vornimmt, sind schon von Fabricius von Acquapendente und Gassendi bemerkt worden. 6)

Die Wölbung des Plattfußes dient offenbar dazu, diese Kreisbewegungen mehr abzukürzen und schneller zu machen, als geschehn könnte, wenn der Fuß nach seiner ganzen Länge platt an der Erde ruhte. Da übrigens der Unterfuß eine große Menge verschiedentlich gebogener Gelenke hat, so erhalten die mannigfaltigen Bewegungen derselben durch diese Wölbung mehr Leichtigkeit und Sicherheit. 7)

6) Zwei entgegen gesetzte Fehler sind der Regelmäßigkeit dieser kreisförmigen Bewegungen nachtheilig. Die Alten haben beide schon gekannt.

Die Römer nannten *Attae* diejenigen, die beim Auftreten den Körper sehr lange auf den Plattfüßen ruhn lassen und sich nur sehr schnell auf den Zehen fortbewegen. (*Festus* lib. I. p. 41. ed. *Dacer.* 4. Amst. 1699.)

Ein entgegen gesetzter Fehler besteht darin, daß man sich zu lange auf die Fersen stützt: solche Leute nannte Hippokrates πτερνοβάτας.

7) Die Griechen nannten denjenigen καταπόνους, der breite Plattfüße hat und sie im Gehn nachschleppt.

In der That ist der Mensch genöthigt, wenn er breite Füße hat, sie nachzuschleppen, obgleich man glauben sollte, daß es nur so scheine. Erhebt sich der nach oben gewölbte Plattfuß, indem er sich anfangs auf seine Spitze stützt,

Bei dem gewöhnlichen und natürlichen Gange wird nicht allein das Bein, dessen Unterfuß sich erhebt, gegen das Becken gehoben, sondern es giebt auch dem letzteren einen Stoß, der es mehr nach vorn bewegt. Die letztere Bewegung wird also nicht bloß durch Hülfe der Beugemuskeln der Hüfte und der Ferse des Beins bewirkt, dessen Unterfuß fest steht. Dergestalt wirkt die Kraft der fortschreitenden Bewegung, unter eine viel größere Anzahl von Muskeln beider Beine vertheilt.

Das Bein, dessen Fuß sich erhebt, theilt, während es die Erde berührt und den Körper nach vorn treibt, die Unterstützung des Körpers mit dem andern Beine, dessen Unterfuß fest steht: dergestalt trägt das letztere eine desto kürzere Zeit die Last des ganzen Körpers.

Ich halte diesen Gang für den natürlichsten, weil er sicherer ist, als der, den Haller und andere Physiologen dafür angenommen haben. Ueber dies ist er auch viel ausgedehnter, oder, deutlicher zu reden, kann man bei ihm in einer gegebenen Zeit einen viel größeren Raum durchlaufen.

so wirken, während der ganzen Dauer seiner Kreisbewegung, die Muskeln, welche die Ferse erheben, an einem sehr langen Hebelarme. Ist aber der Plattfuß breit und flach, so muß er, um sich auf der Spitze zu erheben, sich in den Gelenken der Fußwurzel verschiedentlich biegen, und die Muskeln, die die Ferse erheben, agiren nun an einem kurzen Hebelarme. Es muß also die zum Gehn so nothwendige Drehung mit Mühe von Statten gehn, und der Mensch mit breiten Füßen ist also gezwungen, einen minder vortheilhaften, aber auch nicht so mühsamen Gang zu wählen, d. h.: die Füße nachzuschleppen.

Ich behaupte, daß er sicherer ist; denn er wird durch eine stärkere und länger fortgesetzte Action der Muskeln unterstützt und gemäßigt. Die vereinigte Action derer Muskeln, die die verschiedenen Gelenke an den Beinen bewegen, treibt den Rumpf des Körpers nach vorn; anstatt daß bei Hallers natürlichem Gange das Fortrücken des Beckens zur Bewegung des Körpers vorzüglich beiträgt: denn das Becken, welches anfangs gerade auf dem fest stehenden Beine ruhte, wird nachher über demselben gebogen, und von dem erhobenen Beine fortgezogen. Der natürlichste Gang wird mit weit mehr Stärke und Beständigkeit in den Muskular-Kräften der Beine vollbracht, die dem Rumpfe den Antrieb geben und ihn wechselsweise unterstützen: ein geringerer Grad dieser Kräfte kann hinreichen, um die andere Art des Ganges zu bewirken, wo es bloß auf die Unterstützung des Rumpfes ankommt.

Das Gehn leidet im Alter und in der Kindheit merkwürdige Verschiedenheiten.

Aristoteles bemerkt,[8]) daß die Kinder, da sie keine Gelenkigkeit in den Knieen haben, sich wie Leute fortschleppen, die auf ihren Knieen gehn, indem sie die Hüftgelenke biegen. Er setzt hinzu, daß, wenn man ganz junge Kinder aufrichtet, sie nicht anhaltend und sicher fortgehn können: er giebt davon eine geometrische Erklärung, die ich als fehlerhaft erkenne.

Der wahre Grund scheint mir folgender zu seyn: Da die Beine des Kindes in Verhältniß gegen den Rumpf

8) De anim. incessu, c. 9.

eine geringe Länge haben, so kann der letztere bei dem schwachen und schnellen Gange des Kindes nicht ohne beständige Gefahr von dem Beine, welches anfängt sich zu bewegen, über das andere, das noch nicht völlig fixirt ist, nach vorn getrieben werden. Die Gefahr besteht darin, daß die Neigungslinie des Schwerpunktes leicht über die Unterstützungsfläche, vermöge der schleunigen Anstöße der Beine, deren Kraft weder unterstützt noch gemäßigt werden kann, hinaus fällt. Dies geschieht um so leichter, je kürzer und veränderlicher diese Grundfläche ist.

Alte Leute müssen im Gehn ihre Kniee weit mehr biegen, als es in jüngeren Jahren nöthig ist, weil ihr Kopf und Rumpf zu sehr nach vorn fallen. Zur Erklärung dieser Erscheinung ist es nicht hinreichend, daß man mit Camper annimmt, der Schwerpunkt ihres Körpers werde hierdurch unterstützt, da er sonst nothwendig mehr nach vorn auf den Rücken des Plattfußes falle. Der wahre Grund liegt vielmehr darin, daß bei dieser Biegung der Kniee die Köpfe der Schenkel weit mehr nach hinten fallen, als es bei gestreckten Knieen geschehn würde: eben dadurch werden auch das Becken, der Rumpf und die Neigungslinie des Schwerpunktes mehr nach hinten geworfen.

IV.

Dieser Mechanismus des Gehens führt uns auf einen merkwürdigen Gegenstand der Untersuchung. Es entsteht nämlich die Frage: auf welche Weise das hintere Bein, während es sich gegen den Boden stemmt, nach

Digitized by Google

vorn getrieben werden und den Schwerpunkt mit sich fortziehn kann?

Die Ursache dieser Bewegung nach vorn, die dem Beine und dem ganzen Körper mitgetheilt wird, ist keineswegs in der Gegenwirkung des Bodens zu suchen, gegen welchen sich der Plattfuß dieses Beines stemmt. Borelli und mit ihm alle Schriftsteller, die ihm in der Erläuterung des Gehens gefolgt sind, haben die Theorie dieses eingebildeten Gegenstoßes angenommen.

Der Druck des Plattfußes gegen den Boden hat ohne Zweifel nicht die mindeste Aehnlichkeit mit dem Stoße eines federharten Körpers gegen einen andern festen Körper, der jenen zurück prallen läßt.

Indessen behauptet Borelli, 9) daß, wenn man, bei verlängertem Beine, mit der Spitze des Fußes auf den Boden stößt, der Körper nach vorn getrieben werde, vermöge einer zurück prallenden Bewegung, die derjenigen ähnlich sey, womit ein Nachen vom Ufer vermittelst einer Stange, die man gegen das Ufer stößt, hinweg getrieben wird.

Borelli's Idee hat allgemeinen Beifall gefunden. Nach Parents 10) Meinung stößt der hintere Fuß, indem er sich erhebt, durch die Wirkung seiner Streckmuskeln gegen den Boden, und dieser Stoß erhebt, indem er zurück prallt, den Schwerpunkt des ganzen Körpers.

9) De motu anim., P. I. pr. 156. 158. Hierauf bezieht sich der Ausdruck im Euripides ἐρέσσων πόδα: er rudert mit dem Beine.

10) Essais de mathém., tom. III. p. 369 f.

Hamberger sagt, [11]) der Widerstand der Erde sey die nächste und hinreichende Ursache des Gehns, des Laufens, des Springens und mehrerer anderer Actionen, die der menschliche Körper vermittelst seiner Gelenke vornimmt. Er meint, [12]) der Widerstand der Erde treibe durch das Bein, dessen Plattfuß gestreckt ist, den Theil des Beckens, mit welchem dieses Bein zusammen hängt, nach der Seite des andern Beins hin, dessen Fuß fest steht.

V.

Die Physiologen, die das Gehn durch einen Stoß auf den Boden und durch die Gegenwirkung des letzteren erklären zu können glaubten, haben sich wahrscheinlich zu diesem Irrthume durch eine ähnliche, aber fehlerhafte Erklärung verleiten lassen, die alle Schriftsteller über die Mechanik von dem von Borelli angeführten Factum, der Entfernung eines Nachens vom Ufer durch eine gegen das letztere gestoßene Stange, gegeben haben.

Euler sagt, [13]) wenn ein Fahrzeug von einem in demselben stehenden Menschen vermittelst einer Stange, die er gegen einen äußeren festen Körper stößt, nach der entgegen gesetzten Seite getrieben wird; so ist die wahre Kraft, die das Schiff bewegt, indem sie unmittelbar auf dasselbe wirkt, in der mechanischen Action der Füße dieses Menschen zu suchen.

Nun aber betrachtet er diesen Antrieb, den die Füße geben, nur als die nothwendige Folge des Rückstoßes,

11) Physiol. medic., n. 1312.

12) Daſ., n. 1327.

13) Scient. naval., tom. II. n. 574.

den die Stange dem Körper des Schiffers mittheilt. Dieser Rückstoß geht nach einer dem Stoße der Stange entgegen gesetzten Richtung: beide Wirkungen sind einander gleich. Indem Euler diese Kraft des Rückstoßes zergliedert, bestimmt er zugleich diejenige, die durch die Füße des Schiffers wirkt, um das Fahrzeug horizontal fortzutreiben. [14])

Aber es existirt hier keine zurück stoßende Kraft, die durch die Stange hervor gebracht oder fortgepflanzt würde. [15]) Ohne Zweifel setzt man voraus, daß die Stange und der äußere harte Körper, gegen den sie gestoßen wird, nicht durch ihre Federhärte wirken können: die Festigkeit beider thut einen Widerstand, der der stoßenden Kraft der Stange gleich ist. Aber bei diesem nothwendigen Gleichgewichte von Action und Widerstand fehlt eine thätig wirkende Kraft, die das Fahrzeug in Bewegung setzt.

Diese Kraft, die weder Euler noch sonst jemand erkannt hat, ist ursprünglich in der Bemühung des Schiffers gegründet, seinen Körper, der zwischen zwei Unterstützungspunkten gekrümmt wird, auszustrecken. Der eine von diesen Punkten ist der äußere harte Körper, gegen den die Stange getrieben wird; und der andere bewegliche ist das Fahrzeug. Der Schiffer dehnt also

14) Daf., n. 559.

15) Vermuthlich hat Euler hier einen mechanischen Ausdruck, der für den Calcul bequem war, in eine physische Erklärung verwandelt. Andere begehn diesen Fehler noch viel auffallender.

Digitized by Google

seine Wirbelsäule mit beträchtlicher Stärke, und diese Dehnung macht, daß sich die Füße gegen das Schiff stemmen.

Außer dieser Wirkung der Füße, die von der Streckung des Rückgraths abhängt, geben auch oft die Beine des Schiffers dem Fahrzeuge einen besonderen Antrieb, und das letztere entweicht, nachdem sich die Gelenke der Ferſen und selbst der Kniee ausdehnen.

Die letztere Wirkung, die der Streckung der Wirbelsäule einigen Widerstand thut, bestimmt sie zu einer größeren Stärke und zu beträchtlicher Verlängerung: außer dem giebt sie dem totalen Anstoße, den das Fahrzeug bekommt, eine schiefere und vortheilhaftere Richtung.

VI.

Jetzt werde ich suchen die Frage aufzulösen, warum, wenn bei der fortschreitenden Bewegung die Füße ungleichmäßig vorgesetzt werden, das hintere Bein, während sein Plattfuß sich gegen die Erde stemmt, einen Antrieb bekommt und fortpflanzt, der den Körper nach oben und vorn bewegt.

Um diese Frage zu beantworten, muß ich zuvörderst erinnern, daß die Streckmuskeln der Ferse, wenn der Plattfuß frei in der Luft gehalten würde, das Fersengelenk erweitern würden, indem sie die Spitze des Plattfußes hinterwärts um dieses Gelenk herum bewegen. Diese Muskeln erheben die Ferse auf ganz einfache Art, wenn die Spitze des Plattfußes sich gegen den Boden stemmt und das Bein von hinten nach vorn geneigt ist. Sie können alsdann nicht agiren, als in so fern sie die

Digitized by Google

Ferse sich um den Unterstützungspunkt drehn lassen, den die Spitze des Plattfußes darbietet, und auf diese Art erheben sie die Ferse. Da zugleich das hintere Bein von hinten nach vorn geneigt ist, so treibt die sich erhebende Ferse das Schienbein nach vorn, und hierdurch wird dann auch der Rumpf nach oben und vorn getrieben. 16)

Diese Bewegung, wobei sich der Körper um das fixirte Bein dreht, könnte endlich den Fall desselben veranlassen; aber es kann der Körper niemahls bei diesem gewöhnlichen Gange von der Erde sich dergestalt erheben, wie es im Sprunge geschieht.

Geht man rückwärts, so ist das vordere Bein, welches zuerst fortbewegt wird, von vorn nach hinten geneigt. Während sein Plattfuß sich gegen den Boden stemmt, können die Streckmuskeln der Ferse das Gelenk derselben nur dadurch erweitern, daß sie die Ferse erheben und sie um die Spitze des Plattfußes drehn. Da zugleich das Vorderbein sich von vorn nach hinten neigt, so treibt die sich erhebende Ferse das Schienbein nach hinten: dadurch wird alsdann der Rumpf des Körpers nach oben und hinten getrieben.

Das lange Fersenbein bietet in allen Fällen den Streckmuskeln der Ferse einen sehr vortheilhaften Hebel

16) Diese Bewegung, die die Ferse erhebt, wird bei starkem Gehn sehr deutlich wahrgenommen. Vergl. *Orph.* argonaut. v. 254.

— ἔρεισατε δ' ἴχνια γαίῃ
ταρσοῖσι, ποδὸς ἄκρον ὑπερβλήδην τανύσαντες.

dar: die letzteren müssen nun das Bein und den Körper erheben und nach vorn oder hinten treiben. Dieser relative Nutzen besteht allezeit: sey es nun, daß die Kraft dieser Muskeln weiter als der Widerstand vom Ruhepunkte entfernt ist, wie beim Vorwärtsgehn; oder sey es, daß sie näher demselben ist, wie bei dem Rücklingsgehn.

Geht man schnell, und haben die Plattfüße eine beträchtliche Länge, so folgt auf die Umdrehung, die der auf der Erde ruhende Plattfuß in der Ferse bewirkt, fast unmittelbar eine Umdrehung dieses Plattfußes um seine Spitze nach der entgegen gesetzten Richtung. Dieser Plattfuß und sein Bein fixiren sich alsdann auf der Erde nicht mit einer hinlänglich beständigen Kraft; und diese Kraft kann den Antrieb nach vorn, der diesem Beine mitgetheilt wird, nur in geringem Maaße vermindern. Indem sich nun ein Theil dieses Antriebes mit demjenigen verbindet, den die erhebenden Muskeln der Ferse hervor bringen, wird dieses Bein mit beträchtlicher Kraft und fast ohne merkliche Unterbrechung nach vorn getrieben.

Aus diesem Gesichtspunkte läßt sich der besondere Nutzen erklären, den man von langen und gekrümmten Schuhen hat, wenn man schnell über den Schnee fortkommen will: diese Schuhe sollen, nach Forsters Berichte, bei allen Bewohnern der nordischen Polar-Länder im Gebrauche seyn. [17])

17) Warnefried (de gestis Longobard., l. 5.) spricht von diesem Gebrauche bei nordischen Völkern. Sie haben, sagt er, daher den Nahmen: Scritobini, oder, wie Brotier

Damit bei dem gewöhnlichen Gehn der Antrieb, den das Bein von dem sich erhebenden Plattfuße bekommt, dem Rumpfe besser mitgetheilt werde, so geht das Knie verschiedene Grade der Biegung durch, die durch die Action seiner Streckmuskeln gemäßigt und unterstützt werden. Wird der Schritt stark verlängert, so vermehrt die Action dieser Muskeln den Antrieb des Körpers nach oben und vorn oder hinten, indem zugleich das Kniegelenk erweitert wird.

Bei Leuten, deren Rückgrath leidet, können die Kniee im Gehn zu einer sehr starken Biegung gezwungen werden. Folgendes Beispiel davon wird in dem Journal de médécine erzählt. 18)

Ein Mensch, der in der Befriedigung des Geschlechtstriebes ungemein ausgeschweift hatte, bekam sehr heftige Schmerzen im Rückgrathe, von der Mitte des Rückens an bis ins Steißbein. Diese Schmerzen wur-

verbessert, Scritofinni, erhalten. Dies sind Forsters Schreit-Finnlanders. Nach Adam von Bremen bewohnten sie die Gränz-Fiällar zwischen Norwegen und Schweden.

Die Einwohner von Kanada bedienen sich ähnlicher Schneeschuhe, die Charlevoix, Hontan und Hearne beschreiben. Auch bei den Lappen findet man sie. Ihr Hauptnutzen besteht darin, daß man mit ihnen wenig in den Schnee einsinkt, weil sie sehr breit sind. So waren auch die mit Stacheln versehenen Eisschuhe beschaffen, womit man die Gletscher des Kaukasus bestieg. (*Strabo* lib. XIII. p. 772. ed. *Almeloveen.*)

18) J. 1755. Mon. Februar.

den im Gehn unerträglich, wenn er nicht die Kniee sehr stark bog und seine Wadenmuskeln mit den Händen hielt.

Ging er auf diese Weise, so wirkten die unteren Gliedmaßen zur Erhebung des Rumpfes unter einem schieferen Winkel auf die Rücken- und Lendenwirbel, und die schmerzenden Muskeln der letzteren empfanden die Wirkung der unteren Gliedmaßen weniger lebhaft, als wenn diese letztere gerade gestanden hätten.

Indem dieser Mensch seine Waden mit den Händen hielt, hemmte und schwächte er zum Theil in beiden unteren Gliedmaßen die Zusammenziehung der Streckmuskeln der Ferse. Wäre diese Zusammenziehung stärker oder vollständiger gewesen, so würde sie die Biegung des Knies zu sehr vermindert haben, wenn das Schienbein erhoben und vorwärts bewegt worden wäre.

In dem Beine, dessen Plattfuß fest steht, agiren auch die Streckmuskeln des Knies mit größerer Kraft, um diese Gelenkverbindung gerade zu erhalten und die bequeme Unterstützung der Last des Körpers durch dieses Bein zu begünstigen. Daraus folgt, wie nothwendig zum Gehn eine gewisse Stärke in den Knieen erfordert wird. 19)

19) Daher führen die Alten die Stärke der Kniee als nothwendige Bedingung zum lebhaften Gange an. (*Callimach.* hymn. in Cerer., v. 133.)

Bei schwachen Personen, die schnell gehn wollen, und nur kleine Schritte thun können, ist eine besondere Anstrengung der Kniee nöthig. So sagt die Odyssee (XXIII. 3.) von der alten Eurykleia:

γούνατα δ' ἐρρώσαντο, πόδες δ' ὑπερικταίνοντο.
Mühsam strebten die Knie' und es trippelten hurtig die Füße.

VII.

Nachdem ich die Bewegung, die jeder Fuß beim natürlichen Gehn übt, beschrieben und erklärt habe; so muß ich nun untersuchen, in welcher Ordnung, bei fortgesetztem Gehn, die Bewegungen des einen und anderen Fußes auf einander folgen.

Im natürlichsten Gange verläßt der eine Plattfuß die Erde und bewegt sich fort, wenn der andere entweder ganz oder doch großen Theils auf den Boden gesetzt wird. Der fortbewegte Fuß fixirt sich auf dem Boden, während der andere noch auf seiner Spitze ruht. Endlich wird die Neigungslinie des Schwerpunkts, die auf den einen Plattfuß fällt, wenn der andere anfängt sich fortzubewegen, nach vorn getrieben, so bald jene Bewegung aufhört, und sie fällt dergestalt zwischen die Stützen der beiden Füße.

Gassendi, der sehr weitläufig über das Gehn des Menschen geschrieben, ist folgender Meinung: [20]) 1. In dem Augenblicke, da der Plattfuß des hinteren Beines, (wir wollen es B nennen,) den Boden verlassen hat und sich anfängt zu erheben, in diesem Augenblicke stütze sich der Plattfuß des vorderen Beines, (A,) welches unmittelbar vorher fortbewegt ist, mit seiner Ferse auf den Boden.

2. Während das fortbewegte Bein, (B,) noch in der Luft ist, richte sich das andere, (A,) welches anfangs schief auf dem Boden ruhte, in die Höhe, um den Körper zu tragen. Während des letzteren Acts drehe sich um die

20) Opp., tom. II. p. 531.

Ferse des letzteren der ganze Körper herum, vermöge des Antriebes, den er vom Plattfuße des hinteren Beins, (B,) bekommen hat.

Diese Beschreibung des Gassendi giebt eine Ordnung von Bewegungen an, die dem natürlichsten und sichersten Gange gewiß nicht eigen ist.

Nach dieser Beschreibung würde der Körper mit der ganzen Kraft bewegt, die die Erhebung der Ferse des Plattfußes des hinteren Beins, (B,) hervor bringt, welches letztere zu gleicher Zeit gehoben wird, wenn sich das Bein fortbewegt. Der ganze Körper würde in diesem Falle zu lange und zu unsicher auf dem Ende des Fersenbeins des vorderen Plattfußes ruhen: die Unsicherheit dieser Unterstützung würde desto größer seyn, je spitzer der Winkel ist, den dieses Bein nach hinten mit dem Boden macht. Die Gefahr dieser Stellung des Körpers, während seiner Bewegung nach vorn, würde nicht allein sehr beträchtlich seyn, sondern auch zu oft wiederkehren: um sie zu vermindern, würde es nöthig seyn, daß der Körper so schnell und so oft als möglich eine sehr ausgedehnte Unterstützungsfläche bekäme; die kreisförmige Umdrehung des vorderen Plattfußes um seine Ferse würde allezeit mit der äußersten Schnelligkeit vollbracht werden.

VIII.

Die Art zu gehn, die Gassendi für die allgemeine hielt, kann nur eine der fehlerhaften Arten seyn, wobei gewisse Leute mit großem Geräusche auf die Erde stoßen.

Digitized by Google

Wallis sagt: Diejenigen, die besonders hart auftreten, wenn sie gehn, pflegen ihren Schwerpunkt zu verrücken, indem sie den vorzusetzenden Fuß noch in der Höhe halten. Die Richtungslinie dieses Schwerpunkts steht dann nicht mehr senkrecht auf dem anderen Fuße: der Schwerpunkt senkt sich also so lange nieder, bis er in seinem Falle durch den vorgesetzten Fuß aufgehalten wird, wenn dieser Fuß eben den Boden berührt.

Das Geräusch, welches man bei einem ungeschickten Gange hört, findet sowohl in dem Falle statt, von welchem Wallis spricht, als auch bei der Art des Ganges, die Gassendi für die natürlichste hält.

In der That muß dieses Geräusch alle Mahl gehört werden, wenn die Last des Körpers nach vorn fällt und nur durch den Unterfuß des vorderen Beins unterstützt wird. Dann kann das Bein nur mit Geräusch auf den Boden gesetzt werden: die Umdrehung desselben um seine Ferse wird sehr beschleunigt, damit dieser Unterfuß eine hinreichende Grundfläche darbiete, um die Neigungslinie des Schwerpunktes aufzunehmen.

Beim Laufen finden diese fehlerhafte Formen der fortschreitenden Bewegung sehr oft statt.

IX.

Das Laufen des Menschen besteht in einer fortschreitenden Bewegung, bei welcher die Schritte meist eben so groß sind, als beim gewöhnlichen Gehn, aber mit einer viel beträchtlicheren Schnelligkeit wiederhohlt werden.

Digitized by Google

Nach der Betrachtung der Bewegungen beim gewöhnlichen Laufen kann man es erklären, warum die Läufer so beträchtlich hervor stehende Knöchel haben. Ich leite es von einem geringen Grade einer unvollkommenen Verstauchung der Gelenkverbindung des Sprungbeins mit den Knochen des Unterfußes her.

Da das Sprungbein zwischen den Enden des Waden- und Schienbeins liegt, so muß es mit Gewalt gegen diese Knochen zurück getrieben werden, so oft entweder das beschleunigte Gewicht der Last des Körpers auf die Ferse drückt, oder auch bei heftigen Bewegungen, wenn andere Theile des Fußes, die sich schnell um die Ferse drehn, zurück gezogen oder fixirt werden. Das Sprungbein muß sich daher anstrengen, um diese Enden der Knochen des Unterfußes zu entfernen; und wenn diese Anstrengungen bei lange fortgesetztem Laufen beständig wiederhohlt werden, so erzeugen sie endlich eine beträchtliche Schwäche, und eine sehr starke Verlängerung der Bänder, die diese Knochen mit einander vereinigen.

Aus dem Hesychius sieht man, [21]) daß die Läufer der Alten dieser Verschiebung der Knöchel dadurch zuvor kamen, daß sie sich die Füße in dieser Gegend mit eignen Bändern zusammen schnürten.

Ich sah einst eine ähnliche unvollkommene Verrenkung, die in eine widernatürliche Hervorragung des äußeren Knöchels übergegangen, und nach und nach auf mehrere beträchtliche Anstrengungen in diesem Theile des Plattfußes gefolgt war.

21) V. πέλλαστα· und πέλλυται.

Der Mensch kann eine dem Laufen ähnliche Bewegung hervor bringen, wenn er sehr große Schritte mit geringerer Geschwindigkeit als beim gewöhnlichen Laufen thut, [22])

Man kann auch viel kürzere Schritte als beim gewöhnlichen Gehn thun, wenn man sie nur ausnehmend beschleunigt, und sich allein auf die Spitzen der Zehen stützt. Ohne Zweifel lief das wilde Mädchen, das bei Chalons an der Marne im Jahre 1731 gefunden wurde, auf diese Art, obgleich mit besonderer Geschicklichkeit. Racine der Sohn [23]) versichert, mehrere Proben, die dieses Mädchen von ihrer Art zu laufen gab, gesehen zu haben: weder in ihren Füßen noch in ihrem ganzen Körper schien die mindeste Bewegung zu seyn; sie schien nicht zu laufen, sondern nur fortzuglitschen.

Bei diesem möglichst beschleunigten Laufe bekommt der Körper den stärksten Antrieb nach vorn durch eine besonders kräftige Action der Streckmuskeln des Knies in jedem Beine, welches in Bewegung gesetzt wird: dieses Knie ist vor jedem Schritte sehr wenig gebogen, und die Ferse bleibt immer aufgerichtet. Der Körper wird also alsdann so wenig als möglich nach oben getrieben: er beschreibt um den Unterstützungspunkt des fixen Beins einen Bogen, der sehr wenig Krümme hat. Während er fortschreitet, scheint er die Erde kaum zu berühren,

22) Die Araber drucken diese Art des Ganges durch das Wort: Baston, aus.

23) Epître seconde sur l'homme.

wenigstens keine tiefe Eindrücke in derselben zurück zu lassen, und nur über sie wegzugleiten. 24)

X.

Je schneller der Lauf im Verhältnisse gegen das gewöhnliche Gehn ist, desto leichter wird man durch aufstoßende Körper oder durch schwache Erschütterungen zum Fallen gebracht; es sey denn, daß man kunstmäßig laufe und sehr bestimmte Bewegungen vornehme. Die letzteren müssen die Verschiebung des Schwerpunkts über dem hinteren Beine verhüten, während es fixirt ist: auch hindern sie, daß der Schwerpunkt nicht zu sehr nach vorn über den vorderen Fuß hinaus gerückt werde, während dieser sich noch fixirt.

Beim Laufen ist man dem Fallen mehr unterworfen, weil in einer gegebenen Zeit dieses beschleunigten Ganges weniger Zeit übrig bleibt, daß die Plattfüße am Boden gestreckt werden können, um hinlängliche Unterstützungsflächen zu bilden. Eigentlich aber müßten diese Grundflächen beim Laufen dauernder seyn, weil die Erschütterungen des Körpers stärker und häufiger sind. 25)

24) So war der Lauf der Parthenopäa beschaffen, den Statius (Theb., VI. 637.) sehr schön beschreibt:

— — Vix campus euntem
sentit et exilis plantis intervenit aër,
raraque non fracto vestigia pulvere pendent.

25) Diese Erschütterungen verursachen beim schnellen Laufen ein Zittern, wie es von der Furcht entsteht. Daher bezeichnet das Ebräische Charad und das Lateinische trepidare so wohl das schnelle Laufen als das Zittern vor Furcht.

Digitized by Google

Bei jedem Schritte wird im Laufen die Neigungslinie des Schwerpunkts gewaltsam fortgeschoben. Um diesen Schwerpunkt zu unterstützen, muß sich der erhobene Fuß sehr schnell bewegen, und sich mehr nach vorn über den fixen Plattfuß hinaus verschieben. Da dieser Plattfuß nachher auch sehr schnell fortbewegt wird, so entsteht daraus eine beträchtliche Entfernung der Beine, die nicht lange ohne gewaltsame Anstrengungen ihrer anziehenden und Streckmuskeln fortgesetzt werden kann.

Weil die Anstrengungen dieser Muskeln nur mit Mühe hervor gebracht werden, und daher auch viel beträchtlicher und länger seyn müssen, so fällt es so schwer, während eines sehr schleunigen Laufs plötzlich still zu stehn; man muß vielmehr nur allmählig langsamere Schritte thun.

Zu diesen Ursachen des leichteren Fallens im Laufen kommt noch eine andere, von der Peter von Abano die erste sehr scharfsinnige Idee gegeben hat. [26])

Nach seiner Bemerkung muß die bewegende Kraft der Muskeln beim Laufen fast zu derselben Zeit entgegen gesetzte, sehr schnelle und sehr oft wiederhohlte Streckungen und Erschlaffungen bewirken: die Streckmuskeln des Beins, welches erhoben und vorgesetzt wird, werden erschlafft, indem dieselben Muskeln in dem anderen fest stehenden Beine zusammen gezogen werden. Aber, sagt Peter von Abano, diese doppelte Anstrengungen, die zu gleicher Zeit und mit großer Geschwindigkeit nach entgegen gesetzten Richtungen geschehn müssen, sind für

26) In Aristot. problem., sect. V. probl. 18.

die menschliche Natur sehr beschwerlich und mühsam: sie verursachen eine beträchtliche Verminderung ihrer Kräfte, wodurch leichtlich das Fallen veranlaßt werden kann.

XI.

Die Stärke und Wiederhohlung der Bewegungen beim Laufen setzen außerordentliche Anstrengungen in denen Muskeln voraus, die das Becken, die unteren Gliedmaßen, und selbst die oberen, nach entgegen gesetzten Richtungen bewegen. (§. XII.) Daher müssen nothwendig die Wirbel, die Ribben, und das Becken, woher diese Muskeln ihren Ursprung nehmen, während des Laufens so fix seyn als möglich: dies kann nur geschehn, wenn die Erschütterungen des Knochengebäudes, die besonders durch das Ausathmen erzeugt werden, geringer und seltener sind als im natürlichen Zustande.

Aus diesem Grunde zieht der Mensch im Laufen sehr viel Luft ein: sein Zwerchmuskel ist in einer fast beständigen, mehr oder weniger starken Zusammenziehung, die durch die größere Menge der in den Lungen zurück gehaltenen Luft befördert wird. [27])

Die gemeinschaftliche Wirkung der Zusammenziehung des Zwerchmuskels und der Action der in den Lungen zurück gehaltenen Luft vermindert die häufige Wieder-

27) Dergestalt werden von dem Zwerchmuskel alle Eingeweide des Unterleibes, besonders die Milz, beim schnellen Laufen gedrückt. Daher hat man das Ausschneiden der Milz von je her als ein gutes Mittel empfohlen, das Laufen zu befördern.

hohlung der Bewegungen beim Athmen, und zugleich sichert sie einen beträchtlichen Grad von Erweiterung des Thorax, und fixirt den letzteren. Auf diese gemeinschaftliche Wirkung beziehe ich das, was man gewöhnlich Stärke des Athems nennt.

Wenn einem Menschen in vollem Laufe die Luft fehlt, und er also keine Kraft zu athmen hat, so versucht er allezeit seinen Thorax und seine Wirbelsäule zu fixiren. Seine Schwäche hindert ihn am starken Einathmen, aber er wiederhohlt es sehr oft, um den Zwerchmuskel so fortdauernd, als es ihm möglich ist, niederzudrücken, und um eine bestimmte Menge von Luft beständig zu behalten, wodurch die Luftzellen der Lungen ausgedehnt werden können. Er keicht, und endlich hohlt er fast nur mit dem oberen Theile dieser Zellen Athem. 28)

Der Mangel an Kraft in den Athem-Werkzeugen, wodurch der Läufer einmahl zum Keichen gezwungen worden, veranlaßt auch eine Fortdauer dieser Art zu athmen, während seines übrigen Laufes, trotz aller Bemü-

28) Dies druckt Ovidius aus, indem er (Metam., X. 663.) sagt:

Aridus e lasso veniebat anhelitus ore,

und Horaz:

Sublimi fugies mollis anhelitu.

Henrich Stephanus (thes. gr. lingu., vol. I. col. 221.) erklärt irrig diesen sublimis anhelitus durch anhelitus, qui ex alto imoque pectore ducitur. Im Gegentheile ist es das μετέωρον πνεῦμα des Hippokrates, welches Galen unter andern am richtigsten so erklärt: es sei der Athem, der nur bis in die Luftröhre, und nicht bis in die Tiefe der Brust selbst zu dringen scheine.

hungen. So wie ein schwacher Läufer nicht plötzlich still stehn kann, wenn er einmahl in einem heftigen Laufe begriffen ist, so kann auch ein keichender Läufer nicht wieder auf Ein Mahl zu Athem kommen, noch, während seines fortgesetzten Laufes, die Art seines Athmens merklich verändern. 29)

XII.

Bei jedem Schritte, den der Mensch thut, wird der Rumpf des Körpers durch den Anstoß des Beins, welches sich gegen die Erde stemmt, nach oben, nach vorn, und seitwärts getrieben, und also nach einer mittleren Richtung, die aus diesen dreien zusammen gesetzt ist, fortbewegt. Daher beschreibt der Körper im Gehn eine wellenförmige Bewegung auf- und abwärts, wie Aristoteles schon bemerkt hat: daher wird er wechselsweise von der einen zur anderen Seite geworfen. Dies Wanken des Körpers von der einen zur anderen Seite ist bei denen Leuten vorzüglich auffallend, die einen sehr starken Leib und kurze Beine haben.

Nach einer bekannten Bemerkung pflegen die wechselseitigen Seitenbewegungen der Arme beim Gehn, wenn man sie frei herunter hängen und hin und her schwanken läßt, allezeit eine entgegen gesetzte Richtung derer Bewegungen zu haben, die die Beine zu gleicher Zeit dem Körper mittheilen. Der rechte Arm bewegt sich zur Lin-

29) Das giebt Plautus sehr gut: (Merc., I. 2. 14.) Genua hunc cursorem deserunt — Perii, animam nequeo vertere, nimis nihili tibicen fiem.

ken, wenn das linke Bein sich ausdehnt, um den Körper zur Rechten zu treiben; und umgekehrt.

Der wahre Zweck dieser Bewegungen der Arme, den Gassendi sehr unbestimmt und verworren angiebt, scheint mir der zu seyn, daß das zu starke Wanken des Körpers zur Seite, welches durch den schiefen Antrieb der Beine erregt wird, verhindert werde. Jeder Arm zieht wechselsweise den Rumpf nach einer Richtung, die die Richtung des Antriebes durchkreuzt, welchen der Rumpf von dem entgegen gesetzten Beine erhält.

Das Vorwerfen eines Arms scheint die Bewegung des Rumpfes zu befördern, da es mit dem Antriebe zusammen fällt, den das in Bewegung gesetzte Bein dem Rumpfe des Körpers mittheilt. Wird dieser Arm nach hinten gezogen, so stellt sich dadurch das Gleichgewicht wieder her, indem der Schwerpunkt wieder nach hinten weicht: denn der Arm wird in dem Augenblicke zurück gezogen, da das aufgehobene Bein nach vorn bewegt wird, um den Schwerpunkt des Körpers zu unterstützen. Man sieht leicht, daß die Arme ausgedehnt seyn und herab hängen müssen, wenn sie dergestalt bewegt werden, um mit dem möglichsten Vortheile diese Wirkung hervor zu bringen. 30)

30) Ein Mensch, der aus Nachlässigkeit das Wanken seines Körpers zur Seite beim Gehn nicht verbessert, sondern sich demselben völlig überläßt, von dem braucht Afranius den Ausdruck: fluctuatim ire, und Nonius sagt: man gehe alsdann jactanter et solute. Demosthenes sagt vom Midias: (orat. adv. Mid., p. 565. ed. *Reisk.*) διὰ τῆς ἀγορᾶς σοβεῖ. Er schlendert über den

XIII.

Durch das Wanken zur Seite, welches bei jedem Schritte erfolgt, geht viel Zeit und Kraft verloren: denn der Körper muß nach dieser für das Fortschreiten zweckwidrigen Abweichung wieder auf seine Unterstützungspunkte zurück gebracht werden. Aus diesem Grunde läuft man schneller, wenn man die Arme hin und her bewegt: 31) sie dienen jetzt als Balancir-Stangen, wie ich eben gezeigt habe. 32)

Aus eben dem Grunde kann man den Lauf dadurch beschleunigen, wenn man in beiden Händen Gewichte trägt. Baco hat dies irrig dadurch zu erklären gesucht, 33) daß er annimmt, ein verhältnißmäßiges Ge-

Markt: und Ulpian erklärt dies σοβεῖν durch einen Gang, der τεκμήριον συνεχοῦς κινήσεως, (Merkmahle einer unaufhörlichen Bewegung, eines beständigen Wankens,) habe. Er setzt hinzu, es scheine den Affen aus diesem Grunde der Nahme σοβοὶ beigelegt zu seyn, weil sie im Gehn beständig wanken.

31) Wie Aristoteles (de animalium incessu, c. 3.) bemerkt hat. Aber die Arme müssen, um das Laufen zu erleichtern, nothwendig frei herab hängen. Daher sagt Plautus im Epidicus: Imo, si audias meas pugnas, fugias manibus demissis domum.

32) Athenäus (deipnosoph., p. 267.) sagt, sie dienen dem Menschen nur statt der Flügel, und er werde dergestalt ὑπόπτερος.

33) Sylv. sylv, cent. VII. p. 699. Plato sagt: junge Leute, die tanzen lernen, müssen die Hände nicht leer haben. (de leg., lib. VII. p. 571.)

Digitized by Google

wicht stärke die Nerven, indem es sie zusammen ziehe. Diese Gewichte verhindern auch die zu schleunige Bewegung der Arme, die gleichsam zuckend werden kann: sie macht dieselben mehr überein stimmend mit den Bewegungen der Beine.

Aber den Hauptumstand, der hiebei zu betrachten ist, werde ich in der Folge erklären, wenn ich von dem Nutzen der Halteren, oder der Springgewichte, handele.

XIV.

Die Menge der walzenförmigen Knochen, woraus das Bein des Menschen und der Thiere besteht, ist zur Unterstützung der Last des Körpers sehr vortheilhaft. 34) Aber auch beim Gehn hat sie ihren Nutzen, wie es Duverney schon eingesehn, aber nicht deutlich genug erklärt hat.

Wäre das Bein nur aus einem walzenförmigen Knochen gebildet, so müßte der Mensch, wenn er, um einen gleichen oder noch kürzeren Schritt zu thun, wie auf Stelzen geht, dieses Bein nach außen drehn, nachdem es den Rumpf erhoben und fortgetrieben hätte. Folglich würde der Gang dadurch unsicherer und langsamer, auch an engen Stellen viel öfter aufgehalten werden.

Ich sage, diese Drehung des aus Einem Stücke bestehenden Beins nach außen müßte auf den Antrieb folgen, den dieses Bein dem Rumpfe des Körpers nach oben und vorn giebt. Derselbe Schritt würde also mit weit mehr

34) Abschn. I. §. XVI.

Mühe durch den bloßen Antrieb geschehn, den die Streckmuskeln dieses Beins nach einem verticalen Bogen dem Körper geben, als wenn dieser Antrieb durch die Fortbewegung dieses Beins begünstigt würde, zu welcher letzteren die Beugemuskeln, die abziehenden und anziehenden Muskeln des Schenkels mitwirken, die nach einander diese Drehung nach außen befördern. Aus dieser Ursache bemerkt man beim Gange derer Leute, die sich der Stelzen bedienen, allezeit diese Seitendrehung der Beine.

Sehr auffallend ist auch bei dem Gange der Frauen eine ähnliche Drehung der Beine nach außen. Der Grund davon liegt in der verhältnißmäßigen Weite ihres Beckens: dadurch werden die Köpfe der Schenkelbeine zu sehr entfernt, als daß der Antrieb der Beine mit dem zu hinlänglich großen Schritten erforderlichen Vortheile dem Rumpfe des Körpers mitgetheilt werden könnte: dies wird dadurch ersetzt, daß die Seitendrehung eines jeden Beins dasselbe zugleich fortzieht. 35)

XV.

Hieraus erhellet, daß das zu leichten und großen Schritten erforderliche Verhältniß der Knochen des Beins

35) Wegen dieser auffallenden Drehung der Beine wurden die Weiber von den Griechen εἰλίποδες genannt, und Pausanias sagt: διὰ τὴν ἔνδεσιν τῶν μηρῶν. Salmasius (ad histor. august., vol. I. p. 975. ed. *Hack*) erklärt diese Worte nicht richtig. Ich glaube, sie wollen sagen: wegen der Befestigung ihrer Schenkelknochen in dem Hüftgelenke.

sich der Gleichheit am meisten nähern müsse; denn jeder Theil dieses Beins ist alsdann am weitesten von der Aehnlichkeit mit einer Stelze entfernt. Ich glaube auch, daß die Ziegen, in Verhältniß gegen die übrigen vierfüßigen Thiere, deßwegen die größten Schritte machen, weil die Knochen ihrer Beine beinahe gleich lang sind. 36)

Der Bär dagegen, besonders wenn er fett ist, kann durchaus nicht so geschwind laufen als der Mensch. Dies scheint daher zu kommen:

1. Weil sein Schenkelbein, in Verhältniß gegen die anderen Knochen des Hinterbeins, viel länger ist als bei anderen vierfüßigen Thieren.

2. Weil der Bär dergestalt auftritt, daß die Knochen, die mit der Fußwurzel überein stimmen, nach ihrer ganzen Länge sich auf den Boden senken, und sich auch beim Stehn nicht, wie bei anderen vierfüßigen Thieren, erheben.

Diesen Bau hat der Bär mit dem Affen gemein. In Verhältniß gegen andere Thiere, die, wie die Hunde und Pferde, mit sehr verkürzten und schneller beweglichen Enden der Plattfüße sich aufstützen, kann also der Bär so wohl als der Affe nur mit Mühe laufen.

36) Grandior est grellio caprigeno pecori, sagt Pacuvius beim Macrobius (Saturn., VI. 5.). Daher ist es auch gut, wenn die Jagdhunde lange Knochen in den Beinen haben, wenn sie μακρόκωλοι sind, wie die Geoponici sagen, oder internodia articulorum longa haben, wie Varro sagt.

Vermöge dieses Baues haben auch der Bär und Affe ein wahres Knie an derselben Stelle, wo es beim Menschen sitzt, da es hingegen den übrigen vierfüßigen Thieren fehlt. Es wird nämlich bei jenen durch die Gelenkverbindung des Schenkel- und Schienbeins gebildet, und steht der Gelenkverbindung des Ober- und Unterarms entgegen. 37)

Mit besonderer Sorgfalt habe ich einen jungen Menschen untersucht, dessen rechtes Schenkelbein viel kürzer, das Schienbein dagegen viel länger war, als im natürlichen Zustande. Umgekehrt verhielt es sich auf der linken Seite. 38)

Dieser Mensch hatte beim Gehn Mühe, das linke Bein vorzusetzen, und er konnte nur dann gleiche Schritte mit beiden Beinen thun, wenn er, so oft er den linken Fuß erheben wollte, ihn gleichsam fortschleuderte, als ob er ihn auf eine Stelze gesetzt hätte.

Offenbar kam diese mühsame und zurück gehaltene Bewegung des linken Beins daher, daß die beiden Theile dieses Beins viel ungleicher an Länge waren, als die Knochen des rechten. Das Schenkelbein übertraf nämlich im linken Beine das Schienbein ungleich mehr an Länge, als im rechten.

37) *Plin.* XI. 45. Homini genua et cubita contraria: item ursis et simiarum generi, ob id minime pernicibus. Hardouin und Tyson (anatomy of a pygmie, p. 80) haben Beide diese Stelle nicht verstanden.

38) Dieser Bau war noch sonderbarer als der lange Arm des Artaxerxes, wie Plutarch erzählt.

Digitized by Google

XVI.

Zum vollkommenen Gange wird erfordert, daß die Gelenke der Beckenknochen und der unteren Gliedmaßen sich in einförmiger Folge biegen.

Während des Gehens muß man die Beckenknochen und die Lendenwirbel, nach Maaßgabe ihrer Neigung gegen die unteren Gliedmaßen, stark unterstützen. Läßt man die Nierengegend frei, so wird der Körper geschwächt und fängt an zu wanken; dadurch werden die Bewegungen der Beine erschwert.

Wenn beim Gehn der Rumpf des Körpers von dem hinteren Beine nach vorn auf das fixe Vorderbein bewegt und von diesem unterstützt wird, so geht diese Bewegung eigentlich in dem Hüftgelenke des vorderen Schenkels vor sich. Wird diese Bewegung nicht gehörig abgestuft, so entsteht ein scheinbares Fallen des Rumpfes und eine Art von Hinken.

Diese fehlerhafte Bewegung wird, obgleich schwach, bei einer Frau wahrgenommen, die ein sehr großes und hinterwärts überladenes Becken hat. Wird nämlich dieser hintere Theil nach vorn getrieben, und durch das fest stehende Bein nicht gehörig unterstützt, so entsteht eine jählinge Beschleunigung des Sinkens des Körpers, und diese Frau scheint bei jedem Schritte, den sie thut, zu fallen. 39)

Im Ganzen wird dieses Herabsteigen der Beckenknochen auf das fest stehende Schenkelbein durch den Widerstand des runden Gelenkbandes gemäßigt, dessen

39) Die Araber nannten eine solche Frau Bohairon.

Spannung mit dem Herabsteigen dieser Knochen wächst. 40) Diese Mäßigung erfolgt, ehe das Herabsinken durch das runde Band des Hüftgelenks völlig gehindert wird. Darin scheint mir der wahre Nutzen jenes runden Bandes zu liegen, und ich glaube, daß man diesen bis jetzt übersehn hat.

Fehlt bei gewissen Leuten dieses runde Band, so muß bei jedem Schritte das Becken sehr schleunig auf den Schenkelkopf des fest stehenden Beins herab sinken; dadurch wird eine Art des Hinkens entstehn. So erkläre ich die von Pallerta gesammelten Beobachtungen, aus denen hervor geht, daß das Hinken, ohne alle Verrenkung und ohne Bruch des Schenkelbeins, von dem bloßen Mangel dieses runden Bandes herrühren kann.

Die abgemessenen Gradationen der Biegung der Gelenke der unteren Gliedmaßen sind nicht allein um der Anmuth und Leichtigkeit der fortschreitenden Bewegungen willen nothwendig; sondern sie dienen auch dazu, daß am Ende eines jeden Schrittes und Sprunges diese Gliedmaße sich auf den Boden stützen könne, ohne daß sie nachtheilig auf die Beckenknochen, die den Rumpf des Körpers tragen, zurück wirken dürfe. Diese Zurückwirkung wird sehr geschwächt, indem die untere Gliedmaße,

40) Während dieses Herabsteigens hört das runde Band auf länger zu seyn, als der Abstand der fixen Punkte, an welche es sich anlegt. Hamberger glaubte, daß dieser Unterschied der Länge beständig statt finde, und deßwegen, meint er, könne man den wahren Nutzen dieses Bandes auch nicht deutlich einsehn, noch erklären. (Physiol. med. n. 1290.)

die auf dem Boden ruht, wechselseitige Biegungen macht, wodurch die Richtung des Stoßes aufgehoben wird. 41)

Die Zurückwirkung des auf den Boden stoßenden Fußes wird über dies beim Menschen durch die verschiedenen Richtungen des Kopfes und Körpers des Schenkelbeins verhindert: denn die Axen des Kopfes und Halses machen, wenn sie nach außen stehn, mit der Axe des Körpers dieses Knochens einen Winkel von fast fünf und vierzig Graden.

Bei jeder fortschreitenden Bewegung wirken die Gelenke der Zehen zuletzt, und ihre Muskeln agiren beträchtlich stark, um den erhobenen Körper zu unterstützen. Bekanntlich wird die große Zehe von der regelmäßigen Gicht, nach Sydenhams Bemerkung, zuerst befallen: wahrscheinlich kommt dies daher, weil dieser Theil am meisten angestrengt und also geschwächt wird.

XVII.

Vermittelst der Kniescheibe wird die mannigfaltige Biegung des Kniegelenks leicht modificirt.

Die Anatomen bei der Akademie der Wissenschaften haben schon sehr gut gezeigt, daß der Zweck der Kniescheibe nicht darin bestehn kann, die zu starke Streckung

41) Die Gegenwirkung der Hinterbeine vierfüßiger Thiere auf den Rumpf ist um so stärker, je schwerer sich ihre Gelenke biegen. Der Elephant ist daher, wegen seiner harten und unbiegsamen Knie, sehr schlecht zu reiten, und man hat lange zu thun, ehe man sich an die heftigen Bewegungen und das beständige Wanken seines Schrittes gewöhnt. (Encyclop. méthod. dictionn. des quadrup., p. 111.)

Digitized by Google

des Kniees zu verhindern, wie man dies gewöhnlich behauptet hat. Denn bei denen Thieren, die eine ähnliche Kniescheibe als der Mensch haben, war die Hemmung der zu starken Streckung des Kniees gar nicht nothwendig, da die letztere nicht erfolgen kann, weil das Schenkelbein gegen das Schienbein beständig gebogen bleibt.

Mir scheint der vorzüglichste Nutzen der Kniescheibe darin zu liegen, daß sie die plötzlichen Bewegungen bei der Biegung des Kniegelenks hindert, und den schiefen Antrieb der Knochen des Schenkels und des Unterfußes hemmt, in so fern nämlich die Kniescheibe durch die Zusammenziehung der Streckmuskeln des Beins unterstützt wird, und diese Muskeln hinwiederum von der Kniescheibe in ihrem tonischen Widerstande verstärkt werden. 42)

Aus dem Gesagten (§. VI.) ergiebt sich leichtlich, wie nothwendig dieser Widerstand der Kniescheibe beim natürlichen Gehn ist, indem die Streckung und die modificirten Biegungen des Kniees dadurch gesichert werden. Wenn daher die Kniescheibe abgerissen wäre oder überhaupt fehlte, ohne daß etwas anderes ihre Stelle ersetzte, so würde der Mensch nur sehr schlecht gehn und die Beine beständig nachschleppen. 43)

42) Nach Campers Bemerkung haben die Thiere, die mit gebogenen Knieen gehn, eine größere und dickere Kniescheibe als der Mensch.

43) Isaak Vossius sagt, (in einem Briefe, den Grävius lection. Hesiod. p. 62. anführt) daß unter den äthiopischen Sklaven mehrere παραπόδες genannt worden, die beständig die Beine nachschleppten. Um ihnen nämlich die Flucht zu

Diesen von mir angegebenen Hauptnutzen der Kniescheibe kann ich durch folgende Thatsachen, die Duverney erzählt, bestätigen: andere Facta, die man bei Diemerbroek und Morgagni 44) findet, stimmen ebenfalls damit überein.

Ein junger Mensch hatte während einer gewaltsamen Biegung des Kniees eine Ruptur eines Theils von dem sehnigen Bande erlitten, welches die Kniescheibe umgiebt. Die Muskeln des Schenkels zogen nun die Kniescheibe in die Höhe, und sie saß in der Folge einen Querfinger breit über den Gelenkköpfen des Schenkelbeins fest. Nach einem Jahre konnte der Kranke, wenn er zu gehn versuchte, weder das Knie beugen, noch ohne große Mühe eine Treppe hinan steigen: herunter ging es aber ziemlich gut. Legte man ihm eine mit Schnüren befestigte Binde um das Knie an, so ging er besser: dann konnte er sich auf dieses Bein stützen und es leicht biegen.

XVIII.

Schreiber glaubte, daß eine ähnliche Verschiebung der Kniescheibe, vermöge einer gewaltsamen Zurückziehung, in allen abschüssigen Gegenden das Gehn so beschwerlich macht. Irrig gründet er seine Meinung auf eine Beobachtung von Galen, 45) nach welcher ein

erschweren, hatte man ihnen die Kniescheibe oder die Ferse abgehauen. Er führt dabei eine Stelle aus dem Origenes an, die diesen barbarischen Gebrauch bei verschiedenen äthiopischen Nationen bestätigt.

44) De sedibus et causſis morborum, ep. LVI. n. 27.

45) De usu part., lib. III. c. 15.

junger Mensch beim Kämpfen eine Ruptur der Bänder der Kniescheibe erlitten hatte, wodurch diese gegen die Lende hinauf gezogen worden war. Dieser Mensch konnte, ohne Gefahr zu fallen, weder das Knie biegen, noch auf abschüssigen Stellen gehn, es sey denn, daß er sich sehr stark auf einen Stab gestützt hätte.

Wenn keine andere vorzügliche Verletzung zugegen ist, als die Verschiebung oder der Bruch der Kniescheibe, so muß es überaus schwer werden, eine Treppe oder einen Abhang hinan zu steigen. Camper beobachtete diese Beschwerde durchgehends bei denen, die einen Bruch der Kniescheibe erlitten hatten: er glaubt übrigens, daß ein solcher Bruch sich nie vollkommen vereinigen lasse.

Aber wenn zugleich die Sehnen der Streckmuskeln des Knies bei der Verschiebung oder dem Bruche der Kniescheibe zerrissen sind, so entsteht dadurch eine fortdauernde Schwäche dieser Muskeln: wahrscheinlich war dies der Fall in der von Galen angeführten Beobachtung. [46]) Dann wird nicht allein die Biegung des Kniees sehr beschwerlich, sondern der Kranke kann auch vorzüg-

46) Eine ähnliche Schwäche dieser Muskeln beobachtet man als Wirkung der Gicht. Musgrave (de arthrit. symptom., c. XI.) erzählt, daß in einem Falle, wo durch die Gicht das rechte Knie sehr gelitten hatte, der Mensch viel geschwinder und leichter die Treppen hinauf als hinunter steigen konnte. Beim Hinabsteigen hatte er alles anzuwenden, um nicht vorn überzufallen. Dieser Fehler, setzt Musgrave hinzu, findet sich bei den meisten abgelebten Greisen, und macht in der That, daß sie oft einen gefährlichen oder tödlichen Fall thun.

Digitized by Google

lich nicht einen Abhang hinab gehn. Es kann beim Aufsteigen die Streckung des Kniees des leidenden Beins, welches vorgesetzt wird, weniger Mühe machen, weil der Körper durch den Antrieb des anderen Beins gehoben wird. Beim Herabsteigen geschieht dies nicht, sondern der Körper senkt sich auf das geschwächte Knie, und dies muß die ganze Last desselben allein tragen.

Diese Auseinandersetzung führt natürlicher Weise zur Betrachtung einer Aufgabe, die Aristoteles gemacht hat, und die eine sehr nahe Beziehung auf den Gegenstand der gegenwärtigen Untersuchung hat.

Der Philosoph von Stagira wirft nämlich die Frage auf, warum man beim Hinaufsteigen in den Knieen und in den Waden, beim Herabsteigen aber in den Hüften und Lenden Schmerzen empfinde. 47) Theophrast wiederhohlt diese Frage ebenfalls. 48)

Aristoteles beantwortet sie auf eine offenbar unbefriedigende Art, und Theophrasts Erklärung dieser Thatsache ist durchaus schwankend. Mir scheint diese Aufgabe folgender Maßen am besten gelöst werden zu können.

Beim Hinaufsteigen ermüden die Muskeln am meisten, die die Ferse des Beins hinauf ziehn, welches den Körper erhebt; auch ermatten am ehesten die Streckmuskeln des Kniees in dem anderen Beine, auf welchem der Körper gehoben ist.

Steigt man hinab, so ermatten zuerst die Muskeln, die das Knie desjenigen Beins strecken, welches zuerst

47) Problem., sect. V. 19. 24 50.

48) De lassitudine, opp., p. 465.

die Last des Körpers tragen muß: dann ermatten die Streckmuskeln des Hüftgelenks in dem anderen Beine, auf welches Gelenk sich der Körper niedersenkt und auf welchem er vermöge eines langen Hebelarms agirt.

Man sieht also, daß die Theile, die bei diesen Bewegungen am meisten leiden, die Unterfüße beim Hinaufsteigen, wo die Fersen und die Kniee hauptsächlich wirken, und beim Hinabsteigen die Lenden sind, wo die Kniee und die Hüften am meisten agiren.

Zweiter Theil.

Theorie des Sprunges.

XIX.

Ich fange mit der Aufzählung der bis jetzt bekannt gewordenen Theorieen des Sprunges an.

Nach Willis Meinung 49) begreift man nicht, wie ein Thier sich bewegen und sich ganz über dem Boden erheben könne, wenn die Organe nicht mit einer gewissen Federkraft wirken, sondern die bewegenden Theile bloß gegen einander gezogen werden. Aber Willis würde sich vergebens bemüht haben, das Daseyn dieser Federkraft darzuthun, oder auch nur eine wahrscheinliche Idee davon zu geben.

Auch hat man geglaubt es erklären zu können, wie man beim Sprunge sich von der Erde erhebt, wenn man das Beispiel eines Schiffers anführte, der das Fahrzeug forttreibt, indem er eine Stange gegen das Ufer stößt.

49) Respons. ad *Highmor.*

Aber dies ist eine bloße Vergleichung, wodurch nichts erklärt wird.

Denn nach dem, was oben (§. V.) gesagt worden ist, entfernt sich

1. der Schiffer nicht durch eine eigene Bewegung, wie beim Sprunge von dem fixen Punkte, sondern nur durch die Bewegung des Fahrzeugs.

2. Die Anstrengung des Schiffers theilt dem Fahrzeuge eine Bewegung mit, die dasselbe von dem fixen Punkte entfernt. Man sieht aber nicht, wie die Streckmuskeln der Gelenke des Unterfußes, dessen Action, durch die Bewegung der oberen Theile des Körpers um die Mittelpunkte dieser Gelenke, den Sprung bewirkt, dieselben von dem festen Unterstützungspunkte, den der Boden dem Körper giebt, entfernen können.

3. Die Schwere des Körpers widersteht der Bewegung beim Sprunge. Treibt hingegen der Schiffer das Fahrzeug vom Ufer, so wirkt er selbst durch die Last seines Körpers, und bemüht sich, seinen Schwerpunkt herab steigen zu lassen.

XX.

Borelli hatte bemerkt, daß man unmittelbar vor dem Sprunge die Gelenke der unteren Gliedmaßen biegt. Er behauptet also, 50) daß der Schwerpunkt des Körpers, bei dieser Biegung niedergedrückt, durch die starke und schleunige Zusammenziehung der Streckmuskeln aller dieser Gelenke, die auf Ein Mahl erfolgt, hinauf getrieben

50) P. I. pr. 173.

werde. Wegen des Widerstandes, den der Boden leistet, gehe diese Erhöhung des Schwerpunkts bis auf einen gewissen Grad. Wegen der Fortdauer der Bewegung, die diesen Punkt bis auf jenen Grad gebracht hat, müsse derselbe noch höher steigen, den ganzen Körper vom Boden entfernen und mit sich fortreißen.

Da inzwischen die Action der Streckmuskeln der Fußgelenke allezeit wechselseitig ist, [51]) so erfolgen auch immer zwei gleiche Wirkungen nach entgegen gesetzter Richtung. Die eine erhebt den Schwerpunkt des Körpers, und die andere treibt und stößt die unteren Gliedmaßen immer mehr an den Boden. Beide Bewegungen stehn mit der Zusammenziehungskraft dieser Muskeln im Verhältnisse: beide dauern fort und nehmen zu, so lange diese Zusammenziehung dauert. Bei Borelli's Theorie bleibt also allezeit der Umstand zu erklären übrig, wie diese beide Bewegungen, durch eine wechselseitige Action nach entgegen gesetzten Richtungen hervor gebracht, nicht ins Gleichgewicht kommen, sondern, warum die erste vorwaltet.

Noch unbestimmter äußert sich Borelli [52]) über die Explosion dieser Streckmuskeln, wodurch eine Pro-

51) Diese Wechselwirkung der Muskeln macht, daß ein Muskel, der sich über das Gelenk seiner beweglichen Knochen streckt, wenn er sich zusammen zieht, gleiche Wirkungen in entgegen gesetzten Richtungen hervor bringt, und beide Knochen dergestalt zugleich bewegt, daß ihre relative Geschwindigkeit im Verhältnisse zu ihrer Beweglichkeit steht. (Vergl. *Albin.* hist. muscul., p. 48.)

52) P. I. pr. 175.

jections-Kraft, wie er es nennt, hervor gebracht werde, die dem Körper, wenn er in der Luft schwebt, zur Unterstützung diene.

Da bei dem Sprunge der Körper von den Streckmuskeln der unteren Gliedmaßen in die Höhe geschnellt zu werden scheint; so glaubt Borelli diese Thatsache durch folgendes Beispiel erklären zu können.

Er stellt sich in einer auf dem Boden senkrechten Fläche einen Bogen vor, der aus zwei an sich steifen, aber durch ein Gelenk verbundenen Linien zusammen gesetzt ist: der Bogen soll mit einem Ende auf dem Boden ruhn, das Gelenk gebogen und auswendig von einer Saite umgeben seyn. Seiner Meinung nach muß dieser Bogen in die Höhe springen, wenn die Zusammenziehung dieser Saite die beiden Linien sehr schnell von einander entfernt. 53)

Aber diese Folgerung ist ungegründet, wenn man in diesem Bogen keine Federkraft annimmt, oder ihn nicht durch eine andere Kraft beseelen läßt, die von derjenigen verschieden ist, wodurch die Saite zusammen gezogen wird.

Borelli behauptet, durch die Zusammenziehung jener Saite werde, vermöge des Widerstandes des Bogens, eine reflectirte Bewegung in dem letzteren hervor gebracht. Dies geschehe auf ähnliche Weise, wie eine Ruthe oder ein Stab, den man gegen den Boden stemmt, eine reflectirte Bewegung leidet: diese Ruthe hat ihre eigne Kraft, sich auszudehnen, und wir sehn,

53) Pr. 172.

daß diese wirksam wird, so bald man sie nicht mehr zusammen drückt.

Hieraus geht hervor, daß Borelli's Erklärung eigentlich darin besteht, in der Projection des Körpers eine Kraft anzunehmen, die dem Zurückprallen eines federharten Körpers ähnlich ist, welcher, nach einem Drucke gegen den Boden, wieder losgelassen wird. Dessen ungeachtet sah Borelli wohl ein, daß er den Sprung nicht auf Rechnung einer Federkraft, die in den Knochen oder Muskeln der unteren Gliedmaßen wirkt, schreiben könnte.

Die Saite, von der Borelli annimmt, daß sie den Bogen der articulirten Linien umgebe und durch ihre sehr schleunige Zusammenziehung diesen Bogen zum Springen bringe, diese Saite läuft in einer Art von Rolle, die durch die erhabene Gelenkfläche dieser Linien gebildet wird.

Zieht sich diese Saite zusammen, so wird dadurch der Winkel, den die beiden articulirten Linien bilden, geöffnet, indem jene von einander entfernt werden. Indem diese Saite auf die obere Linie wirkt, so erhebt sie sie über die Rolle, die das Gelenk bildet. Wirkt sie auf die untere Linie, so kann sie die letztere nur noch mehr auf den Boden stützen.

Dergestalt wird jener Bogen durch die Action dieser zusammen gezogenen Saite so weit gehoben, als er, ohne die Erde zu verlassen, aufgerichtet werden kann. Ueber diesen Punkt hinaus kann die Zusammenziehung der Saite, so geschwind und stark sie auch angenommen wird, keinesweges den Sprung hervor bringen; denn

dazu würde erfordert, daß die Tendenz, die den Bogen vom Boden entfernt, stärker würde, als diejenige, die ihn auf den Boden stützen hilft. Nun aber müssen diese beide Tendenzen beständig gleich seyn, weil sie von den gleichen und entgegen gesetzten Wirkungen der beiden Enden der zusammen gezogenen Saite abhängen. 54)

XXI.

Mayow betrachtet die Erhebung des Körpers, die im Sprunge durch die Streckmuskeln der Gelenke der unteren Gliedmaßen hervor gebracht wird, auf folgende Weise. Beim Sprunge, sagt er, 55) wird das Schenkelbein kreisförmig um das obere Ende des Schienbeins bewegt: indem es sich erhebt, erhebt es auch den Körper von der Erde; denn die Streckmuskeln des Kniees, deren Kräfte beständig auf jenen Knochen wirken, theilen ihm eine beschleunigte Bewegung von der Art mit, wie sie den geworfenen Körpern mitgetheilt wird.

Aber ein geworfener Körper wird nicht mehr gegen den Mittelpunkt seiner Bewegung gezogen, sondern bewegt sich nach der Tangente einer Curve, die er um diesen Mittelpunkt beschreibt. Mayow setzt also etwas voraus, was er nicht erklärt: das Schenkelbein nämlich, von den Streckmuskeln des Kniees beim Sprunge bewegt,

54) Hierauf kann man anwenden, was d'Alembert (in der franz. Encycl. Art. *Corde*) sagt, daß jede Saite, die sich zusammen zu ziehn sucht, wie eine Springfeder zu betrachten ist, die erweitert wird, und deren Enden sich nur gleichmäßig und wechselseitig anzuziehn suchen.

55) Opp., P. II. p. 102 — 104.

soll aufhören, sich um das obere Ende des Schienbeins wie um einen festen Mittelpunkt zu bewegen.

Nach seiner Meinung reicht die starke Bewegung, die die Streckmuskeln des Kniees dem Schenkelbeine mittheilen, zur Erhebung dieses Knochens über die Kreislinie, die er zu beschreiben angefangen hat, vollkommen hin. Auch andere haben gesagt, diese Muskeln ziehn sich beim Springen auf Ein Mahl plötzlich zusammen, und ihre Kraft überwinde dergestalt den Widerstand des Körpers. 56)

Die Streckmuskeln des Kniees streben in jedem Augenblicke, da sie den Schenkel erheben, den Körper niederzuziehn, indem sie das Schienbein gegen den Boden drücken. Dergestalt behält der Körper am Ende der Zusammenziehung dieser Muskeln keinen bleibenden Eindruck mehr, der ihn vom Boden entfernte. Ein solches Gleichgewicht findet in jedem Augenblicke der Zusammenziehung der Streckmuskeln statt, nicht bloß, wenn eine Articulation, sondern auch, wenn alle Gelenke des Beins nach Einer Richtung gebogen sind. Dies hat Mayow übersehn.

56) Diese Täuschung ist wahrscheinlich durch die Bemerkung entstanden, daß, wenn man sich nach einer Biegung der Gelenke der unteren Gliedmaßen mit Einem Mahl in die Höhe richten will, man mit den Spitzen der Plattfüße sich anstrengen muß, um sich auf dem Boden zu erhalten und den Sprung zu verhindern. Aber dann entstehn gerade die Bewegungen, von denen, wie ich zeigen werde, der Sprung abhängt.

Digitized by Google

Es mag die Bewegung, die die Streckmuskeln des Knies dem Schenkel mittheilen, mit noch so großer Stärke und noch so schleunig erfolgen, so wird diese Bewegung doch allezeit um das Ende des Schienbeins im Kreise gehen, wenn nicht das Knie vorher aufgehört hat, der feste Mittelpunkt der Bewegung während der Zusammenziehung dieser Muskeln zu seyn. Es bleibt also noch immer zu erklären, wie das Knie seine fixe Beschaffenheit in Rücksicht des Schienbeins verliert, damit der Sprung geschehen könne. Die dem Schenkel durch die bloßen Streckmuskeln des Knies mitgetheilte Bewegung kann allerdings so heftig werden, daß der Körper zur Erde fällt, aber sie kann ihn nie von der Erde erheben.

Mayow's Theorie über den Sprung bezieht sich auf eine Entwickelung der unbestimmten Idee von einer Projections-Kraft, die Borelli dazu vorgeschlagen hatte.

Aber noch einen andern Hauptfehler bemerke ich bei dieser Theorie. Es folgt nämlich aus derselben, daß der Sprung durch die Zusammenziehung der Streckmuskeln eines einzigen Gelenks der unteren Gliedmaße hervor gebracht werden kann. Dies widerspricht den Thatsachen, die ich weiter unten anführen werde. Inzwischen sollen auch, nach seiner Meinung, die Streckmuskeln der anderen Gelenke dieser Gliedmaße auf eine ähnliche Art agiren.

Aber Mayow zeigt auf keine Weise, daß er die Nothwendigkeit der gleichförmigen und gemeinschaftlichen Action der Streckmuskeln beider Gelenke, um den Sprung hervor zu bringen, eingesehen habe. Ich werde aber zeigen, daß diese Gelenke nach entgegen gesetzten

Richtungen gebogen werden müssen: das heißt, das Knie und die Ferse, oder das Hüft- und Kniegelenk, wenn die Ferse und der Plattfuß horizontal auf dem Boden ruhn.

XXII.

Nach Hamberger's Meinung 57) ziehen die Streckmuskeln der gebogenen Gelenke der unteren Gliedmaße, durch ihre schleunige Zusammenziehung beim Sprunge, den Körper fast eben so sehr hinunter als hinauf. Die Last des Körpers wird durch die Bewegung nach oben und durch die vollkommene Gegenwirkung des Bodens überwunden.

Auch Haller sagt, 58) beim Sprunge werde der ganze Körper von der harten und widerstehenden Erde, die die Füße vorher gedrückt haben, hinauf getrieben. 59)

Indessen ist diese Gegenwirkung oder diese Kraft des Gegenstoßes in dem Boden durchaus nur eingebildet.

Ein Mensch, der mit den Füßen die Erde drückt, wenn er entweder sich zum Sprunge vorbereitet, oder indem er eben aufspringen will, trennt sich durchaus nicht von der Erde, weder vor noch während dieses Pressens. Man begreift nicht, wie der Körper zurück prallen könne,

57) Physiol. med , n. 1339.

58) Elem. phys., tom. IV. p. 569.

59) Descartes scheint mir diese Meinung zuerst gehegt zu haben. Er sagt in einem seiner Briefe an Mersennus: (Epist., tom. II. p. 195.) die Erhebung des Körpers beim Sprunge sey bloß eine Folge der Gegenwirkung der Kraft, womit man die Erde vor dem Sprunge gedrückt hat.

Digitized by Google

wenn dieser Druck schwächer wird, so bald man ihn als einen harten Körper betrachtet, der sich auf den Boden stützt. Um also eine Gegenwirkung bei dem Sprunge anzunehmen, muß man nothwendig wahre Springfedern entweder im Boden oder in den unteren Gliedmaßen voraus setzen: diese kann man aber auf keine Weise zugeben. 60)

XXIII.

Ich komme zur Erklärung der vornehmsten Thatsachen, die man beim Sprunge beobachten muß, um die wahre Theorie dieser Bewegung anzugeben.

Vor der Bemühung zu springen geht eine starke Biegung der Gelenke in den unteren Gliedmaßen vorher.

Ehe man sich von der Erde erhebt, werden diese gebogene Gelenke augenblicklich wieder gerade gerichtet: sie erheben den Körper, indem sie sich erweitern und durch die Wirkung ihrer Streckmuskeln sich erheben.

Während im Anfange des Sprunges die Gelenke gerade gerichtet werden, bewegt sich der Schenkel nach vorn und oben, das Schienbein nach oben und hinten: das letztere dreht sich um den Unterstützungspunkt, den

60) Niemand wird der in der alten Encyklopädie (tom. XIV. p. 726.) vorgetragenen Meinung seinen Beifall geben, daß die Streckmuskeln der unteren Gliedmaßen durch ihren Stoß gegen den Boden eine Federkraft äußern, die den Sprung hervor bringt.

Ein neuerer Schriftsteller sagt auch, die Springfedern der Achilles-Sehne und der Fußbiege seyn zum Sprunge unentbehrlich.

ihm die Ferse oder jeder andere fixe Theil des Fußes darbietet.

Indem sich die Kniee und die übrigen Gelenke der unteren Gliedmaßen gerade richten, erfolgt eine merkliche Wirkung der Füße gegen den Boden, und diese Wirkung hört nur in dem Augenblicke des Sprunges auf.

Boerhaave hat sehr wohl bemerkt, [61]) daß man nicht mit gestreckten Knieen springen kann. Dies beweiset, daß die Muskeln, die die Fersen erheben, bei der stärksten Anstrengung dennoch den Körper nicht vom Boden entfernen können, wenn die Streckmuskeln der Kniee beständig gespannt sind.

Man kann springen, wenn man sich bloß mit den gebogenen Fersen auf den Boden stützt; [62]) auch während der Rumpf des Körpers immer gleichmäßig gegen den Horizont geneigt ist, oder während man ihn noch mehr neigt, welches bei dem senkrechten und bei dem nach hinten gehenden Sprunge viel leichter und ohne Gefahr zu fallen geschieht.

Dann scheint die Wirkung der Streckmuskeln der Kniee zur Hervorbringung des Sprunges hinzureichen:

61) Praelect. in inſtit., n. 639. Noch ist zu bemerken, daß, wenn man nach geendigtem Sprunge mit gestrecktem Knie zurück fällt, die Füße gegen den Boden so stark stoßen können, als wenn die Kniee gebogen sind. Inzwischen erzeugt die ganze Gegenwirkung, die man in dem Boden annehmen kann, den Sprung keinesweges.

62) Die Fersen müssen alsdann sehr stark gebogen seyn, damit die Action der Beugemuskeln die Unterstützung verstärke, die sie darbieten. Diese Unterstützung ist um so schwächer, je geringer die Fläche dieser zugerundeten Knochen ist.

Digitized by Google

aber in der That begünstigen die Muskeln, welche die Ferſen erheben, wie man deutlich bemerken kann, dieſe Bewegung.

Erhebt ſich der Körper beim Sprunge, ſo ziehen ſich die Beugemuskeln der Arme zuſammen und erheben dieſelben, als wenn ſie die Stelle der Flügel oder des Gegengewichts der Maſchine vertreten ſollten.

Dieſe Vergleichung der Arme mit Flügeln iſt vollkommen paſſend. Der Widerſtand der Luft gegen die Bewegung der Arme macht, daß die wechſelſeitige Wirkung der bewegenden Muskeln die Bruſt erhebt und die Erhebung des Rumpfes begünſtigt. Dieſe Wirkung iſt aber der Bewegung des Körpers der Vögel vermittelſt der Flügel ähnlich, wie dies aus meiner Theorie von dem Fluge der Vögel erhellen wird.

Uebrigens iſt klar, daß die Arme des ſpringenden Menſchen, auf ſolche Weiſe bewegt, als Balancir-Stangen wirken: noch nützlicher müſſen ſie ſeyn, wenn die Hände nicht leer, ſondern mit mäßigen Gewichten beſchwert ſind. Ich werde in der Folge erklären, wie ſehr vortheilhaft dieſe Gewichte zur Vermehrung der Stärke des Sprunges ſind.

Sie verhindern über dies, daß die Arme nicht mit zu großer Schnelligkeit erhoben werden, wodurch ſie, zum Zurückfallen gebracht, den Körper ſelbſt herab ziehn können, noch ehe er die Höhe erreicht, auf welche ihn die Wirkung des Sprunges erhoben hätte. 63)

63) Ariſtoteles (de inceſſu anim., c. 3.) erklärt den Nutzen der Bewegung der Arme beim Laufen, wie der

Im Augenblicke, da der Sprung aufhört und der Springer die Erde berührt, zieht er die Streckmuskeln seiner Gelenke, besonders derer an den unteren Gliedmaßen, zusammen: diese Muskeln unterstützen und erheben durch ihre wechselseitige Wirkung diejenigen Theile des Körpers, die über diesen Gelenken liegen, oder sie theilen ihnen eine Bewegung mit, die der Richtung der Schwere entgegen gesetzt ist. 64)

Eine augenscheinlich nothwendige Bedingung beim Sprunge, die man aber bis jetzt verkannt hat, besteht

Halteren beim Sprunge, durch die Wechselwirkung, welche die durch Gelenke verbundenen Glieder in der Streckung ihrer Articulation hervor bringen. Diese Wechselwirkung treibt den gedrückten Körper gegen den drückenden, (τὸ πιεζόμενον πρὸς τὸ πιέζον.)

Aristoteles scheint sagen zu wollen, daß die Gegenwirkung der unteren gegen die oberen Theile die Bewegungen der unteren Theile beim Laufen oder Springen desto mehr verstärkt, je mehr die oberen Theile mit Gewichten belastet sind. Aber hier, wie an anderen Stellen des alten Philosophen, muß man den Sinn mehr errathen, wenn man die Sache selbst deutlich einsieht, wovon er spricht.

64) Ricci (dissert. Homer., tom. II. p. 26.) hat sehr wohl bemerkt, daß die Seiltänzer eine besondere Kunst anwenden, um die Last ihres Körpers aufrecht zu erhalten. Denn wenn sie sich bis zu einer beträchtlichen Höhe in die Luft geschnellt haben, so sieht man sie mit einer so bewundernswerthen Leichtigkeit wieder zurück fallen, daß sie dem Boden kaum eine Spur eindrücken, kaum ein Geräusch mit den Beinen machen, ja, daß sie, gleich einem Federballe, sich sogleich wieder aufschwingen.

Digitized by Google

darin, daß in dem Augenblicke, da der Sprung geschieht die Wirkung der Streckmuskeln der Zehen, wodurch der Fuß auf den Boden fixirt wird, gänzlich aufhört, oder um vieles schwächer wird, als die gemeinschaftliche Wirkung der Streckmuskeln der übrigen Gelenke des Beins.

Im Gegentheile waltet die Wirkung der Streckmuskeln der Zehen vor, wenn die Gelenke des Beins bloß gerade gerichtet werden, ohne daß ein Sprung folgt.

Wenn es nur Ein Gelenk im Beine gäbe, das gebogen werden könnte, so würde keine Wirkung der Streckmuskeln jemahls das Bein vom Boden entfernen, oder den Sprung hervor bringen können.

Hieraus lassen sich nun folgende Thatsachen erklären. Boerhaave bemerkte, daß man mit gestrecktem Knie nicht springen könne, und ich habe wahrgenommen, daß der Sprung auch bei der stärksten Action der Streckmuskeln der gebogenen Kniee nicht vor sich gehen kann, wenn die Muskeln, die die Ferse erheben, die Füße in möglichst starker Spannung erhalten.

XXIV.

Auf den Grundsätzen, die aus diesen Thatsachen hervor gehn, beruht meine neue Theorie vom Mechanismus des Sprunges und der verschiedenen Arten desselben.

Man muß nämlich bei dem Sprunge zweierlei Bewegungen unterscheiden: diejenigen, die ihn vorbereiten; und die, welche ihn unmittelbar hervor bringen.

Vor der Erhebung des Körpers, auf welche der Sprung folgt, waren die Gelenke des Beins, welches den Sprung machen soll, nach wechselseitigen Richtungen

gebogen: jetzt werden sie in ihrer Biegung fixirt, vermöge einer starken Zusammenziehung ihrer Beugemuskeln. Das Bein stützt sich unterdessen auf den Boden kraft seiner Schwere, vermöge der Last des Körpers, die es trägt, und endlich durch die lebhafte Zusammenziehung der Streckmuskeln der Zehen.

Ehe der Körper sich wieder aufrichtet, um den Sprung zu thun, stemmt er sich gegen den Boden in der Gegend, wo die Zehen mit den Knochen der Fußwurzel verbunden sind; und diese Gelenke werden alsdann durch die Streckmuskeln der Zehen gebogen und fixirt. Die sehr ausgezeichnete Wirkung dieser Muskeln bringt aber auf keine Weise den Sprung durch einen Stoß hervor, auf welchen ein Gegenstoß folgt. Dagegen dient der feste Punkt, den sie bilden, dazu, daß die Ferse eine desto fixere Stellung annehme. Diese Fixation der Ferse ist nothwendig, um die Festigkeit des Knies zu sichern, welches anfangs stark gebogen werden muß. Auch wird die Fixation der Ferse dazu erfordert, daß die nachfolgende Projection des Schienbeins und des Schenkels gehörig modificirt werde. 65)

Die Biegung der Fußgelenke, welche vor ihrer Streckung vorher geht, bringt, je stärker sie ist, desto eher folgende drei hauptsächliche Vortheile hervor.

65) In ähnlicher Absicht haben Thiere, die sehr hoch springen, wenn ihre Klauen oder Füße sehr verkürzt sind, ungemein starke Gelenke, deren einzele Bewegungen sehr bestimmt sind. Diese Gelenke bilden eben so viele Unterstützungspunkte, deren Fixation, wenn sich das Thier zum Sprunge vorbereitet, die dem Körper mitgetheilten Projections-Bewegungen vervielfältigt und verstärkt.

Digitized by Google

Der erste besteht darin, daß bei sehr beträchtlichem Springen die Erweiterung dieser Gelenke dergestalt verlängert wird, daß hinreichende Projections-Bewegungen dem Schienbeine und dem Schenkel mitgetheilt werden können.

Der zweite Nutzen bezieht sich darauf, daß das Seitenwanken des Beins durch die vereinigte Action der Beugemuskeln, welche unmittelbar vor dem Sprunge hergeht, verhindert werde. Dies Wanken zur Seite wird durch die Erschütterungen des Körpers veranlaßt, der durch seine eigene Muskeln nicht hinlänglich fixirt werden kann. Auch kann das Bein, wenn es dergestalt in einer verticalen Fläche zurück gehalten wird, den Sprung vollkommener machen.

Der dritte Nutzen ist folgender: Je mehr der Schenkel und das Schienbein geneigt sind, oder sich einer horizontalen Stellung bei der Biegung der Gelenke vor dem Sprunge nähern; desto mehr wird die Kraft, die vom Mittelpunkte zurück stößt, und die bei dem Geraderichten dieser Gelenke wirksam wurde, ihre Richtung von unten nach oben nehmen: desto mehr stimmt sie alsdann, in dem Augenblicke, da sich der Körper vom Boden losmacht, mit dem Antriebe überein, den die Streckmuskeln hervor bringen, um den Körper in die Höhe zu werfen und ihn so hoch als möglich steigen zu lassen.

Soll der Sprung nach dieser vorbereitenden Biegung der Fußgelenke geschehen, so vermindern die Beugemuskeln allmählig ihre Anstrengung, und die Streckmuskeln dieser Gelenke ziehn sich plötzlich sehr stark zusam-

Digitized by Google

men. 66) Sie theilen dem Schenkel und Schienbeine eine Bewegung nach oben mit; und diese erfolgt anfangs fast kreisförmig um die fixen Mittelpunkte derselben Gelenke.

So wie die Muskeln, die das Knie strecken und die die Ferse erheben, fortfahren, durch ihre wechselseitige Action dem Schenkel und Schienbeine jene Bewegungen mitzutheilen, so können sie nur das Schienbein erheben, indem sie den Schenkel erheben, und die Ferse, indem das Schienbein erhoben wird. Daraus folgt, daß diese wechselseitige Bewegungen in Richtungen vor sich gehn, die für den Sprung um so vortheilhafter sind, je mehr sich die oberen Knochen erheben.

Auf diese Weise wird der Körper unmittelbar nach der Zubereitung zum Sprunge gerade gerichtet, und in dem folgenden Moment geschieht der Sprung, indem sich der Körper vom Boden losmacht. 67)

Wenn bei diesem Geraderichten die Beine fixirt sind, und der Körper durch das Schienbein und den Schenkel

66) Die Stärke der Zusammenziehung eines Theils der Streckmuskeln des Kniees und der Ferse wird beim Menschen dadurch vermehrt, daß die Stellen der Knochen, woran sich die Muskeln setzen, erhoben werden. So entsteht der gerade Strecker des Schienbeins von dem vorderen Dorn-Fortsatze des Darmbeins, und die Wadenmuskeln entstehn von den Gelenkhügeln des Schenkelbeins.

67) Diese zwei Momente, des Geraderichtens und des darauf folgenden Sprunges, sind im Sprunge der Antelope durch einen Zwischen-Absatz unterschieden. Dies hat Galen bemerkt, und darnach hat er den zwei Mahl anschlagenden Puls δορκαδίζων genannt.

schleunig gehoben ist, auch man sich nicht gleich nachher sehr anstrengt, um die Streckmuskeln dieser Theile außerordentlich zusammen zu ziehn; so folgt auf diese Erhebung sogleich ein Hinabsinken des Körpers, wobei die Kniee gebogen werden und der Körper zurück fällt.

XXV.

Je mehr beim Geraderichten des Körpers vor dem Sprunge sich die Knochen der unteren Gliedmaße erheben; desto mehr setzen die Muskeln, welche die Ferse erheben, ihre Anstrengung fort, das Schienbein um und hinter den Mittelpunkt der Ferse zu werfen, so wie zugleich die Streckmuskeln des Kniees sich fortdauernd anstrengen, das Schienbein um und vor den Mittelpunkt des Kniegelenks zu werfen.

Das Schienbein ist vor dem Sprunge allezeit gegen den Horizont geneigt: es erhält zu gleicher Zeit starke Antriebe, die da machen, daß es sich um die beiden Mittelpunkte des Kniees und der Ferse nach entgegen gesetzten Richtungen bewegt. Durch diese vereinigte Antriebe müssen die beiden Enden des Schienbeins nach entgegen gesetzten Richtungen um einen veränderlichen Mittelpunkt der Drehung, der in der Axe dieses Knochens liegt und vom Boden nicht unterstützt wird, bewegt werden.

Dieser Mittelpunkt der Drehung verändert sich in jedem Augenblicke nach den veränderten Verhältnissen der Projections-Kräfte, die die Streckmuskeln der Gelenke des Kniees und der Ferse mittheilen, nach den verschiedenen Richtungen dieser Muskeln und nach den verschiedenen

Digitized by Google

Graden der Verschiebung der Mittelpunkte dieser Gelenke.

Die Drehung des Schienbeins um diesen veränderlichen Mittelpunkt verstattet diesem Knochen, dem überwiegenden Antriebe der Projections-Bewegungen und anderer Bewegungen zu folgen, die demselben durch das Spiel der Gelenke in den oberen Theilen des Körpers mitgetheilt seyn können. Ist dieser Antrieb sehr stark, so kann sich das Bein nun vom Boden entfernen und den ganzen übrigen Körper mit sich fortreißen. 68)

Da die Streckmuskeln des Kniees und des Hüftgelenks dem Schenkel Projections-Bewegungen nach entgegen gesetzten Richtungen um die Mittelpunkte dieser Gelenke mittheilen; so bewegt sich also auch der Schenkel um einen veränderlichen Mittelpunkt der Drehung. Indem er dem herrschenden Antriebe folgt, den er von diesen Streckmuskeln und von anderen ihm mitgetheilten Bewegungen erhalten hat, so kann er mit seiner Last sich nun auch im Sprunge erheben.

Die Projections-Bewegungen, welche vom Schienbeine und vom Schenkel im Sprunge dem Rumpfe des

68) Die gleichzeitige Zusammenziehung der Streckmuskeln der Ferse und des Kniees kann auch eine Bewegung hervor bringen, wobei die Plattfüße vor- oder rückwärts gleiten, ohne den Boden zu verlassen. Diese Bewegung kommt mit dem Sprunge überein, und kann keinesweges durch die Wirkung eines von diesen Gelenken erzeugt werden. Sie findet statt, wenn die Action dieser Streckmuskeln mit der Action der Streckmuskeln der Zehen überein stimmt, und dergestalt gemäßigt wird, daß sie über die letztere nur schwach vorwaltet.

Digitized by Google

Körpers mitgetheilt werden, sind ohne Vergleich die beträchtlichsten. Doch muß man nicht übersehn, daß die Bewegungen der Fußwurzel-Knochen, der Beckenknochen und selbst der Lendenwirbel dazu beitragen können, den Sprung zu erweitern und die Vollkommenheit seiner verschiedenen Arten zu erhöhen.

Man sieht indessen ein, daß die Streckmuskeln der Gelenke dieser Knochen keine beträchtliche Projections-Bewegungen dem Rumpfe des Körpers mittheilen können. Davon ist die Ursache in dem ausnehmenden Mißverhältnisse zu suchen, welches die Entfernung der Insertionen dieser Muskeln und die verhältnißmäßige Länge des Hebelarms, den der Rumpf des Körpers bildet, zu den Mittelpunkten dieser Gelenke haben.

Aus dem Gesagten erhellet, daß die wahre Theorie vom Mechanismus des Sprunges, die bis jetzt nicht bekannt gewesen, auf zwei wesentlichen Punkten beruht:

1. Der Sprung kann nur geschehn, in so fern die Action der Streckmuskeln der beiden Gelenke des Beins übereinstimmt. Diese Gelenke sind nach entgegen gesetzten Richtungen gestellt: sie waren vorher gebogen, und ihre Actionen folgen auf einander.

2. Die Streckmuskeln dieser beiden Gelenke des Beins theilen dem Knochen, der in der Mitte dieser Gelenke steht, Projections-Bewegungen um die Mittelpunkte dieser Gelenke mit. Dadurch wird eine Drehung der Enden dieses Knochens um einen veränderlichen Mittelpunkt der Drehung, der keine Unterstützung vom Boden erhält, hervor gebracht. In so fern dieser Knochen sich also nicht um einen festen Punkt bewegt, kann er

Digitized by Google

der hervor stechenden unter den ihm mitgetheilten Bewegungen folgen, und sich dergestalt vom Boden erheben. 69)

XXVI.

Jetzt werden wir ohne Schwierigkeit die verschiedenen Bewegungen bei verschiedenen Arten des Sprunges betrachten können.

69) Ein ähnliches Spiel der Streckmuskeln solcher Gelenke, die sich nach wechselseitigen Richtungen haben biegen müssen, findet in verschiedenen Fällen statt, wo ein Sprung des ganzen Körpers oder eines davon getrennten Theils auf convulsivische Art geschieht.

Es giebt heftige convulsivische Krankheiten, die außerordentliche Sprünge des ganzen Körpers hervor bringen. Diese erfolgen durch die gleichzeitige Ausdehnung der nach wechselseitigen Richtungen stark gebogenen Gelenke, entweder im Rückgrathe allein, oder in dem Rückgrathe und den Hüften u. s. w. Ridley sah einen Menschen an der Hundswuth leiden, der durch Biegungen seiner Glieder nach entgegen gesetzten Richtungen seinen Körper auf sieben Fuß weit fortschnellte. Aehnliche Beobachtungen kommen in Chesneau, Gohl, Baaden und andern vor.

Eine ähnliche Wirkung muß in den Gelenken der Halswirbel erzeugt seyn, wenn bei der Enthauptung einige Halswirbel noch am Kopfe hängen bleiben. Denn man sieht den abgehauenen Kopf bisweilen noch nach seinem Falle wieder aufhüpfen. (*Bartholin.* hist. anat. II. 98. Philosoph. Arzt, Th. I. S. 168.) Bei einem Opfer des Pyrrhus sah man, daß die abgehauenen Köpfe der Ochsen noch die Zunge ausstreckten und gleichsam ihr eigenes Blut leckten. (*Plutarch.* Pyrrh. p. 404.)

Digitized by Google

Beim senkrechten Sprunge werden die Projections-Bewegungen nach vorn, die die Streckmuskeln des Kniees dem Schenkel mittheilen, und die Bewegungen nach hinten, die das Schienbein durch die Heber der Ferse erhält, kraft der Verhältnisse der Stärke dieser Muskeln und der Biegung dieser Gelenke, modificirt. Die horizontalen Bewegungen, aus denen diese Projections-Bewegungen zusammen gesetzt sind, gehn nach entgegen gesetzten Richtungen, und sind einander gleich. Der Rumpf des Körpers bekommt also durch diese Projections-Bewegungen, nur eine mittlere, indem er senkrecht in die Höhe steigt.

Die horizontale Bewegung, welche dem Schenkel von den Streckmuskeln des Kniees mitgetheilt wird, ist beim Sprunge nach vorn stärker, viel schwächer aber bei dem Sprunge nach hinten, als die horizontale Projections-Bewegung, die die Heber der Ferse dem Schienbeine mittheilen.

Der Wille, der den Sprung vorher bestimmt, macht, daß die Action der Streckmuskeln des Kniees hervor sticht, und daß die Wirkung derer Muskeln, die die Ferse erheben und das Hüftgelenk strecken, verhältnißmäßig verringert wird. Bestimmt im Gegentheile der Wille einen Sprung nach hinten, so begünstigt er dort die Action derer Muskeln, die die Ferse erheben, indem die Streckmuskeln der Hüfte sehr stark zusammen gezogen, und die Wirkung der Streckmuskeln des Kniees im Verhältnisse geschwächt wird.

Der Sprung nach vorn kann viel stärker und weiter seyn, wenn man unmittelbar vorher einen Anlauf nimmt.

Digitized by Google

Der Grund davon ist folgender: Nach mehreren schnellen Schritten im Laufe haben die Streckmuskeln der Gelenke des Beins dem Körper Kräfte zu einer horizontalen Bewegung mitgetheilt: diese behält er zum Theil, so lange der Lauf nicht aufgehalten wird; diese machen nun, daß in dem darauf folgenden Sprunge das schiefe Aufsteigen des Körpers um so mehr verlängert wird.

Mayow glaubte [70]) die Verschiedenheit der Bewegungen beim Sprunge nach vorn und nach hinten auf die Art erklären zu können, wenn er geradezu annahm: daß man beim Sprunge die unteren Gliedmaßen vorwärts, und den Rumpf des Körpers zurück biege, nachdem die Wirkung dieser verschiedenen Theile des Körpers, die nach einer oder der anderen Richtung bewegt werden, vorwaltet.

Diese Behauptung ist indeß zu allgemein ausgedruckt, und nur von dem Sprunge nach vorn kann hierdurch eine sehr schwankende und unbestimmte Erklärung gegeben werden; denn bei dem Sprunge nach hinten bewegen sich die unteren Gliedmaßen auch dahin, während der Rumpf des Körpers nach vorn fällt.

Der Nutzen dieser entgegen gesetzten Vertheilungen des Schwerpunkts des Körpers, die beim Sprunge vorgehn, besteht hauptsächlich darin, daß der Körper in dem Augenblicke, da er beim Ende des Sprunges sich der Erde nähert, leichter vor dem Fallen geschützt und wieder aufgerichtet werden kann.

70) Opp., P. II. p. 109.

Digitized by Google

Hieraus erhellet, wie die Bewegungen der Streckmuskeln der Gelenke der unteren Gliedmaße in den verschiedenen Arten des Sprunges sich unter einander modificiren. Diese Streckmuskeln verursachen durch die Verbindung ihrer verschiedenen Kräfte und Richtungen bei fortdauernder Zusammenziehung, daß der Schwerpunkt des Körpers und des einen Beins unendlich viele und verschiedene krumme Linien beschreiben kann. Die letzteren lassen sich durchaus nicht bestimmen, und sind also weder Kreise, noch geometrische Curven, die durch die Drehung um einen festen Punkt beschrieben werden, wie Mayow und Andere gemeint haben.

Beim Sprunge wird der Körper durch die Wirkung der unteren Gliedmaßen in die Höhe geworfen: und man kann in dieser Rücksicht diese Bewegung mit derjenigen vergleichen, wenn ein Stein durch die Umdrehung eines Arms, entweder allein oder in einer Schleuder, empor geworfen wird. [71])

71) Wirft man einen Stein oder Pfeil bloß mit einer Wendung des Arms, so bewegt man den in seiner ganzen Länge gestreckten Arm im Kreise. Vorher zieht man den Körper zurück und läßt ihn sich um sich selbst drehn, wodurch die Bewegung des geworfenen Körpers verstärkt wird. Denn dieser entflieht sonst mit einer größern vis centrifuga, nach der Tangente eines Kreises, dessen Radius durch die Streckung des Arms verlängert wird.

Die Alten warfen den Discus auf ähnliche Art. Mit der Rechten hob man ihn zu einer beträchtlichen Höhe, ließ ihn mit großer Kraft einen Kreis beschreiben, und in dem Moment, da man ihn warf, begleitete man ihn in der Richtung, die ihm gegeben worden. (*Stat. Thebaid.*, VI.

Digitized by Google

Merkwürdig ist es, daß man durch verschiedene auf einander folgende Bemühungen einem jeden Sprunge Grenzen setzen und den Grad desselben mit besonderer Genauigkeit bestimmen kann; [72]) so wie man mit der

v. 707. f.) Auf gleiche Art warfen die Alten einen anderen Discus, durch Hülfe eines an denselben befestigten Riemens. (*Winkelmann* descript. des pierres gravées de *Stoſch*, p. 458. f.) Mit diesen Riemen umgaben sie selbst die Wurfspieße, um sie mit größerer Gewalt fortschnellen zu können.

Wirft man einen Stein mit der Schleuder, so läßt man ihn gewöhnlich vorher mehrere Kreise beschreiben, und bei jeder Wendung erhält er eine wachsende Geschwindigkeit. Hat endlich der Stein in einem gewissen Punkte das Maximum seiner Geschwindigkeit erlangt, die ihm die beständige Anwendung einer beträchtlichen Anstrengung der Muskeln mittheilt, so wird er fortgeschnellt.

Bei diesen Kreisbewegungen läßt man den Stein sich um die Grundfläche eines Kegels bewegen, dessen Spitze die Hand ist, von welcher sich der Stein zu entfernen sucht. Dies hat Sturm sehr wohl bemerkt, aber Maffuet und Andere haben es übersehn. Ich setze hinzu, daß die Kunst des Schleuderers darin besteht, den Stein in einem Kreise zu bewegen, in dessen Fläche das Object liegt, welches er treffen will, und ihn nicht von diesem Kreise entfliehn zu lassen, als in dem Punkte, von wo die Tangente auf den zu treffenden Gegenstand fortgeht.

72) Coup sec nehmen wir da an, wo man, nach einer starken Zusammenziehung derer Muskeln, die den Antrieb geben, diese Zusammenziehung aufhält, und sogleich eine fixe Zusammenziehung folgen läßt. Dergestalt wird der Antrieb, den man dem geworfenen Körper gegeben, auf die vortheilhafteste Weise nach der Projection gerichtet, die man sich vorgesetzt hat. Denn diese Richtung würde durch die neuen

Digitized by Google

Schleuder ebenfalls die Stärke des Wurfs einschränken und den Grad desselben modificiren kann.

XXVII.

Die Projections-Kräfte, die die Streckmuskeln kurz vor dem Sprunge den Knochen der Füße mittheilen, stehen bei verschiedenen Thieren im Ganzen mit dem Widerstande, den diese Knochen leisten, in Verhältniß. Die letzteren sind stärker als der Widerstand, den jene Muskeln in jedem Thiere gewöhnlich zu überwinden haben.

Dies scheint mir die wahre Ursache der Thatsache zu seyn, die Borelli zwar bemerkt, aber falsch erklärt hat: 73) daß nämlich die Thiere desto weitere Sprünge

Richtungen, die man dem geworfenen Körper gegeben, verändert werden, wenn die Kreisbewegung desselben zu weit durch die fortgesetzte Action der bewegenden Muskeln getrieben würde.

73) P. I. pr. 176. Er sagt, die Enden dieser längeren Knochen, die größere Kreisbogen beschreiben, haben größere Geschwindigkeit, sich zu bewegen und den Körper des Thiers in die Höhe zu werfen. Der letztere werde also in einem größern Raume fortbewegt. Allein die Geschwindigkeit der Bewegungen der Knochen-Enden, wodurch freilich die Projection des Körpers bestimmt wird, ist von der Größe der Bogen, die sie beschreiben, unabhängig. Diese Geschwindigkeit steht bloß im Allgemeinen in Verhältniß mit der Dauer der Anwendung der Zusammenziehungskraft der Streckmuskeln, so groß diese Kraft und so plötzlich ihre Wirkungen auch seyn mögen.

Borelli scheint den Umstand im Sinne gehabt zu haben, der aber von diesem sehr unterschieden ist, daß, je

machen, je länger die Hebel sind, welche die letzten Knochen ihrer Beine bilden. Wirklich widerstehen diese Hebel vermöge ihrer Streckmuskeln der Projection desto mehr im Sprunge, je mehr sie denselben Muskeln bei den gewöhnlichen Schritten dieser Thiere widerstehn.

Diesen Bau kann man vorzüglich in den Hinterbeinen des Frosches bemerken, dessen sehr weite Sprünge durch andere mechanische Vortheile, die ich bei dieser Gelegenheit anführen will, begünstigt werden.

Nach der Beschreibung, die Rösel 74) von dem Froschgerippe gegeben hat, sieht man, daß der Schaamknochen dieses Thiers, mit welchem die Hinterbeine in Verbindung stehn, dem Schaamknochen anderer vierfüßiger Thiere ähnlich ist. Der Frosch hat aber keine Lendenwirbel: statt des heiligen Beins sieht man einen langen Knochen, den man Steißbein nennen kann, mit dem letzten Rückenwirbel in Gelenkverbindung. Die Stelle der übrigen Beckenknochen ersetzen zwei breite und sehr lange Knochen, die in der Lendengegend liegen und mit den Seiten-Fortsätzen des letzten Wirbels articuliren.

Betrachtet man diesen Bau, so ergiebt sich daraus:

1. daß der Rumpf des Frosches, dem übrigens auch die Halswirbel fehlen, besonders verkürzt, und also der Projections-Bewegungen noch mehr fähig ist, wenn die

größer die Kreise sind, welche die Knochen der unteren Gliedmaße im Sprunge beschreiben, desto beträchtlicher, in Verhältniß, die vis centrifuga ist, durch welche der Körper fortgeschnellt wird.

74) Hist. natur. ranar. nostrat., p. 36.

Streckmuskeln der Gelenke der Beckenknochen auf den letzten Rückenwirbel und auf die Schenkel wirken.

2. Daß die Bewegung, welche die Streckmuskeln der Hinterbeine den Lendenknochen mittheilen, sich auf den Rumpf mit größerer Leichtigkeit fortpflanzt: daß diese Knochen gegen den Horizont sehr geneigt sind, und mit der Wirbelsäule einen viel stumpferen Winkel bilden, als in anderen vierfüßigen Thieren. 75)

3. Dazu kommt, daß das Steißbein ausgedehnt werden kann, wenn der Rumpf des Körpers beim Sprunge in die Höhe geworfen wird. Es bildet alsdann durch einen sehr langen Hebelarm ein Gegengewicht, wodurch das Niedersinken der Last des Körpers gemäßigt wird, und der Rumpf kann nun desto besser nach seiner ganzen Länge den Antrieb der Hinterbeine aufnehmen.

XXVIII.

Nachdem ich meine Theorie vom Sprunge vorgetragen, so scheint mir die Untersuchung des Nutzens der so genannten Halteren oder Sprunggewichte bei den Alten sehr wichtig zu seyn. Es ist bekannt, daß sie sich die Hände damit belasteten, um desto besser springen zu können. 76)

Es ist nur ein Nebennutzen dieser Gewichte, daß sie bei der Vorbereitung zum Sprunge die Arme in beträcht-

75) Dies ist der Grund davon, daß der Frosch, wenn er ruhn will, sich niederhockt und sich auf seinen Hinterbeinen nicht gerade richten kann.

76) Man sehe besonders über diese Sprunggewichte *Mercurialis* de arte gymnastica, lib. II. c. 11.

liche oscillirende Bewegungen setzen. Viele Leute pflegen, durch die Erfahrung belehrt, 77) ebenfalls eiserne Kugeln oder Steine mit den Händen zu ergreifen, um mit größerer Kraft springen zu können. Wenn sie sie einige Zeit hin- und hergeschleudert haben, so werfen sie dieselben in dem Moment des Sprunges selbst von sich.

Ohne Zweifel dient dieses Hin- und Herschwenken, so wie der Anlauf, den man vor dem Sprunge nimmt, dazu, daß die wiederhohlten Schwingungen dieser Massen dem Körper, den sie fortzuziehen streben, Kräfte zur horizontalen Bewegung mittheilen, die er zum Theil beibehält, und die die Weite des Sprunges befördern.

Der vorzüglichste Nutzen ähnlicher Gewichte besteht darin, daß, indem sie die Last des Körpers vermehren, eine größere Anstrengung zum Geraderichten der unteren Gliedmaßen nothwendig wird, welches letztere alle Mahl vor dem Sprunge hergehen muß. So erregen und bestimmen diese Gewichte eine längere und vortheilhaftere Anwendung der Kräfte der Streckmuskeln.

Diesen Hauptnutzen der Sprunggewichte bestätigt das, was Mercurialis 78) uns nach den alten Denkmählern lehrt. Bei den Uebungen im Springen trug man nämlich bisweilen auf dem Kopfe oder auf den Schultern solche Sprunggewichte von verschiedenen Formen; augenscheinlich dienten auch diese dazu, die Last des Körpers zu vermehren. 79)

77) Moyse du Soul (in Lucian. de gymnas. n. 27.) hatte es in Schottland beobachtet.

78) L. c., lib. III. c. 12.

79) Ich vermuthe, daß die den Halteren ähnlichen Massen und

XXIX.

Was ich von dem vorzüglichsten Nutzen der Sprunggewichte gesagt habe, beruht auf einem allgemeinen Satze, den ich entwickeln und durch Thatsachen bestätigen muß.

Wenn nämlich der Widerstand, den die Muskeln zu überwinden haben, in Rücksicht des gewöhnlichen Zustandes beträchtlich, aber doch nicht übermäßig groß ist; so werden dadurch die eigenthümlichen Kräfte dieser Muskeln besser und vortheilhafter angewandt.

Ist der zu überwindende Widerstand größer als der, den die Muskeln gewöhnlich überwinden, ohne doch übermäßig zu seyn; so wird durch das Gefühl dieses Widerstandes die Naturkraft erregt, und bestimmt, stärkere

Gewichte, womit die Gladiatoren der Alten ihre Schultern beschwerten, ihnen dazu dienten, ihre Waffen mit mehr Stärke zu führen. So erkläre ich die musivische Arbeit, die Winkelmann in seinen monumenti inediti, n. 197. vorstellt. Hier stößt ein Kämpfer mit beiden Armen seinen Dreizack von sich, dessen Ende er an den Spitzen mit seiner linken Hand unterstützt; auf der linken Schulter liegt eine viereckige Masse.

Winkelmann glaubt, diese Masse solle ihn vor den Angriffen seines Feindes schützen. Aber es ist nicht wahrscheinlich, daß man nicht andere Theile vielmehr zu schützen sollte gesucht haben, deren Verletzung gefährlicher ist. Ich meine, diese Masse diente zur Unterstützung der Anstrengung des Arms, um das Ende des Dreizacks zu halten. Das Gewicht derselben müßte eine stärkere und längere Zusammenziehung des Delta-Muskels und anderer Muskeln, die den Oberarm erheben, hervor bringen.

Digitized by Google

Actionen der bewegenden Muskeln als im gewöhnlichen Zustande hervor zu bringen, oder die Anwendung desselben Grades dieser Action noch vortheilhafter als gewöhnlich zu machen.

Die Natur kann auf zweierlei Art diesem ungewöhnlichen Widerstande dieselbe Schnelligkeit als dem gewöhnlichen geben.

1. Sie kann die Geschwindigkeit der Zusammenziehung der bewegenden Muskeln größer als im gewöhnlichen Zustande machen.

2. Sie kann, ohne Vermehrung des Effects der gewöhnlichen Geschwindigkeit der Zusammenziehung dieser Muskeln, die letztere desto länger aushalten, je mehr jene Geschwindigkeit durch den außerordentlichen Widerstand verzögert wird. Dergestalt theilt diese verlängerte Anwendung der Muscular-Kraft dem Widerstande dieselbe Schnelligkeit mit, als eine kürzere Anwendung dieser Kraft dem gewöhnlichen Widerstande gegeben haben würde.

Die Anwendung desselben Grades der Action der bewegenden Muskeln kann vortheilhafter als gewöhnlich seyn, theils wenn die Geschwindigkeit ihrer Zusammenziehung während des Fortganges veränderlich, theils wenn sie einförmig ist. 80)

80) Die Einbildungskraft verliert sich in der Unterscheidung der verschiedenen Geschwindigkeiten, womit entweder nur eine oder mehrere Zusammenziehungen der Muskeln auf einander folgen. Uebrigens muß diese Geschwindigkeit nothwendig gewisse Abänderungen erleiden, und man kann der Einbildungskraft durch die Bemerkung nachhelfen, welche

Digitized by Google

Ist die Geschwindigkeit veränderlich, ungeachtet die Summe der Geschwindigkeiten während der ganzen Action dieselbe seyn kann, wie im gewöhnlichen Zustande; so bewirkt die Natur einen größern Effect, indem sie den verschiedenen Momenten dieser Zusammenziehung eine mehr oder weniger beträchtliche Geschwindigkeit mittheilt, nachdem die Richtungen, die diesen Muskeln nach einander gegeben werden, sich derjenigen Richtung mehr oder weniger nähern, welche die Natur dem Widerstande geben will.

2. Geschieht die Zusammenziehung der bewegenden Muskeln mit einförmiger Geschwindigkeit, wie gewöhnlich; so kann die Natur diese Zusammenziehung wirksamer machen, indem sie durch Beihülfe anderer Muskeln sie an den Orten, wo sie sich an die Knochen setzen, noch mehr fixirt. 81)

Haller, Pagani und Bonioli gemacht haben, daß eine solche Zusammenziehung in auf einander folgenden wellenförmigen Bewegungen und Oscillationen der einzelen Fasern des Muskels bestehn. (*Haller* elem. physiol., vol. IV. p. 471.)

81) Diese verschiedene Verstärkungen und Vertheilungen der Muskelkräfte, welche die Natur in diesen Fällen erzeugt, werden durch den ursprünglichen Instinct und durch die Erfahrung hervor gebracht. Die Berechnung derselben offenbart sich durch die Wirkungen, aber sie übersteigt alle Begriffe.

Je schleuniger die Bestimmungen der Natur sind, und je weniger merklich sie von dieser Art einer dunkeln Berechnung herrühren, wie es zum Beispiel bei dem zu leichten Wurfe eines Körpers ohne beträchtliche Schwere der Fall

Digitized by Google

Durch den jetzt erklärten Satz kann man verschiedene Thatsachen erläutern, von denen bis jetzt unzureichende Erklärungen gegeben sind.

Aristoteles [82]) und Theophrast [83]) glaubten dadurch den Nutzen der Sprunggewichte erklären zu können, wenn sie annahmen, daß die Arme dadurch eine Art von Stütze oder Kraft zu widerstehen erhielten. Baco irrt sich sehr, wenn er glaubt, daß die Gewichte, womit die Läufer ihre Hände belasten, zur Stärkung ihrer Nerven, durch Zusammenziehung derselben, beitragen. So hat auch ein neuerer berühmter Schriftsteller behauptet, daß der Grund, warum ein noch schwaches Kind, das sonst im Gehen wankt, mit einem Gewichte in den Händen sicherer gehe, in der vermehrten Spannung des Systems zu suchen sey. [84])

ist; desto weniger scheinen sie vom Willen abzuhängen. In dieser Rücksicht läßt sich der Ausdruck des Aristoteles und Theophrast rechtfertigen, wenn sie von solchen Bewegungen sagen, sie geschehn auf etwas krampfhafte Art, (σπασματωδέστερον.)

82) Probl., IV. 8.

83) De lassitud., Opp., p. 466.

84) Ovid sagt (metam. XV. 223.) von einem Kinde, das so eben anfängt aufzutreten:

Paullatimque tremens et nondum poplite firmo
constitit adiutisque aliquo conamine nervis.

Dies conamen kann eine Art Knieleder (ferperastra), aber auch jede andere Maschine bedeuten, wodurch den Bewegungen der Kinder mehr Unterstützung und Sicherheit mitgetheilt wird.

Digitized by Google

Ich will kürzlich noch andere Thatsachen aufstellen, die man falsch erklärt hat, und die sich auf denselben allgemeinen Satz beziehn.

Athenäus erzählt, Hipponax habe unter andern Beweisen seiner großen Stärke in den Armen auch eine Flasche, selbst wenn sie leer gewesen, sehr weit schleudern können. Bei dieser Stelle bemerkt Casaubonus, [85]) daß wirklich eine volle Flasche leichter geworfen werden könne, als wenn sie leer sey, wegen des Antriebes, den sie durch eine gleiche Wirkung der Muskeln erhalte. [86])

Man hat zahlreiche Beispiele von dem Nutzen des Drucks verschiedener Muskeln, und der Lasten, womit man sie beschwert, um ihre Action zu verstärken. Dahin gehört auch der schon oben erwähnte Nutzen der Gürtel. Diese scheinen mir auch in der Rücksicht noch vortheilhafter zu seyn, daß sie die Wirkung der Binden hervor bringen, die, durch Zertheilung der langen Rückenmuskeln, den letzteren neue fixe Punkte geben. Dadurch müssen sich die Portionen dieser Muskeln vollkommener und nach sicherern Richtungen zusammen ziehn. [87])

85) Animadv. in Athen., p. 858.

86) Wenn die Streckmuskeln des Vorderarms wirken, um eine leichte Last fortzutreiben, so zieht ihre Wirkung gewöhnlich den Oberarm nach, und wird also geschwächt. Will man aber eine große Last fortschleudern, so fixirt man den Oberarm und erhält die Action der Muskeln, die diese Wirkung hervor bringen sollen, mehr unverändert.

87) Dies scheint mir der vorzüglichste Nutzen der Schwächung der geraden Bauchmuskeln zu seyn, gegen welche die Eingeweide des Unterleibes die stärksten Wirkungen ausüben.

Digitized by Google

Es ist eine gemeine Bemerkung, daß man Lastthiere recht gut gürten muß, wenn sie ihre Dienste gehörig verrichten sollen. Der Tragesattel, der einen Theil ihres Körpers drückt, vermehrt so wenig die Schwere ihrer Last, daß er vielmehr das Gewicht derselben vermindert und die Kräfte des Thiers verstärkt. 88)

Plinius und Suetonius erzählen: Nero habe, um die Stärke seiner Stimme zu vermehren, im Liegen, und selbst beim Singen, eine Bleiplatte auf der Brust getragen. Plinius irrt sich, wenn er glaubt, im Blei eine Kraft zu finden, die die Stärke der Stimme vermehre. Es ist das Gewicht dieser Platte, wodurch in den Muskeln der Athem-Werkzeuge größere Kräfte zur Fortsetzung und Verlängerung des Einathmens, oder auch zur Mäßigung des Ausathmens im hellen Gesange erregt wurden.

Schickliche Waffen, wenn sie auf die verschiedenen Glieder des Körpers gehörig vertheilt werden, überladen den letzteren so wenig durch ihre Masse, daß sie vielmehr seine Stärke und Behendigkeit vermehren, indem die Wirkung seiner Muskeln verlängert und entwickelt wird. Homer kannte diesen Umstand sehr wohl; er sagt nämlich vom Achilleus, 89) da er Schild und Helm und Rüstung angelegt, er habe sich selbst in der Rüstung versucht,

Ob sie genau anschlöss' und leicht sich bewegten die Glieder;
Und wie Flügel ihm war sie, und hob den Hirten der Völker.

88) Journ. de Trevoux, a. 1723. p. 1273.

89) Il. XIX. 386.

Hat die Nothwendigkeit, einen außerordentlichen Widerstand zu überwinden, die Muskelkräfte viel stärker als gewöhnlich entwickelt, so wird durch Gewohnheit diese Entwickelung natürlich, und die Muskeln nehmen beständig an Energie zu. So machten die römischen Krieger ihre gewöhnlichen Waffen für sich selbst leichter, indem sie, nach Vegetius Bericht, bei ihren Uebungen Waffen von doppelter Schwere trugen. Aehnlicher Fälle giebt es eine große Anzahl, und sie sind sehr bekannt.

XXX.

Einige Bemerkungen über den Sprung der Schlangen und der Insekten will ich noch zum Schlusse dieses Abschnitts hinzu fügen.

Die Kraft zu springen ist einigen Schlangenarten, z. B. den Vipern und Nattern, versagt: diese haben nicht die Biegsamkeit im Rückgrathe, die sich bei den springenden Schlangen findet.

Die letzteren springen auf zweierlei Weise. Die einfachste Art zu springen finden wir bei der so genannten Aconthias und bei der Klapperschlange, wenn sie sich von der Höhe eines Baums herunter stürzen. Alsdann krümmen sie sich in einen Bogen, indem sie den Kopf zum Schwanze fügen: auf diese beide Enden stützen sie sich, und schnellen dergestalt wie ein Pfeil fort.

Wenn ihr Körper sich auf diese Art kreisförmig biegt und durch eine starke Biegung in den Wirbeln des Halses und des Schwanzes sich fest auf die Grundfläche stützt; so agiren die Streckmuskeln des Rückgraths mit beträchtlicher Stärke, um denselben zu dehnen. Der Theil des

Digitized by Google

Ovals, welches der Körper bildet, der am weitesten vom Unterstützungspunkte entfernt ist, wird alsdann mit beträchtlicher Kraft von seinen Streckmuskeln bewegt, biegt sich mehr oder weniger nach innen, und es bildet sich nun dort ein Mittelpunkt der Einbiegung, der in Rücksicht auf die benachbarten Wirbel zu einem festen Punkte wird.

Um diesen Mittelpunkt her theilen die Streckmuskeln des Rückgraths durch ihre wechselseitige Action dem oberen Theile beider gekrümmter Hälften des Körpers Projections-Bewegungen mit. Zugleich aber bringen dieselben Muskeln in den unteren Theilen dieser beiden Hälften ähnliche Bewegungen um die Unterstützungspunkte der letzten Wirbel, die gegen die Grundfläche gebogen sind, hervor. Folglich haben die letzteren Bewegungen eine den Bewegungen der oberen Theile entgegen gesetzte Richtung.

Dergestalt hat jede Hälfte der Wirbelsäule ihre zwei Enden, die sich nach entgegen gesetzten Richtungen bewegen. Daraus folgt, nach den vorher angeführten Grundsätzen, daß, so bald die Wirkung der Muskeln, die den Kopf und Schwanz auf der Grundfläche fixirten, nachzulassen anfängt, die verschiedenen Bewegungen, die den Enden einer jeden Hälfte des Körpers mitgetheilt werden, einen Sprung hervor bringen können, der durch ihre zusammen gesetzte Kräfte und Richtungen entsteht.

Die eigentlich springenden Schlangen haben eine andere mehr verwickelte Art zu springen, wenn sie auf der Erde ihren Raub verfolgen. Vor jedem Sprunge machen sie verschiedene Windungen mit ihrem ganzen Körper, den sie um den Kopf herum wickeln.

Digitized by Google

Hierdurch entsteht in dem größten Theile ihres Körpers eine beträchtliche Anzahl von Bogen. Ein jeder derselben wird durch eine Reihe von Wirbelgelenken gebildet, und stemmt sich mit seinen beiden Enden gegen den Boden, nach welchem er schief gerichtet ist. Der Sprung eines jeden dieser Bogen wird in der Folge durch die Streckmuskeln der Wirbel auf dieselbe Art hervor gebracht, als er in den Schlangen entsteht, deren ganzer Körper nur einen solchen Bogen bildet.

Diese verschiedene dergestalt gebildete Bogen entfernen sich vom Boden zu gleicher Zeit, wenn nämlich das Ende des Schwanzes aufhört fix zu seyn. So bald sie aber frei werden, modificiren und verbinden sich ihre in verschiedenen Richtungen vervielfachte Bewegungen nach der Willkühr des Thiers, und halten sich auf die vortheilhafteste Weise das Gleichgewicht. Auf diese Art geben sie dem Körper, der nach der Länge fortgeschleudert wird, eine mittlere Richtung, die zur Erreichung der Beute, welche die Schlange verfolgt, erfordert wird.

XXXI.

Borelli hat zwar, 90) nach Rechnungen, die auf falschen Vordersätzen beruhen, die Kraft, welche den Sprung beim Menschen hervor bringt, außerordentlich übertrieben: dennoch aber kann man sich leicht überzeugen, daß dieselbe den Widerstand des Körpers bei weitem übertrifft. 91)

90) P. I. p. 175.

91) Man braucht nicht einmahl auf die außerordentlichen Sprünge Rücksicht zu nehmen, wie z. B. ein gewisser

Dagegen scheint beim Sprunge der Insekten die Kraft der Streckmuskeln ihrer Füße alle unsere Begriffe zu übersteigen. Vielleicht verdient nichts in der Welt unsere Bewunderung so sehr, als der Sprung eines Flohes: denn die Weite desselben ist in Verhältniß gegen die Länge des Körpers außerordentlich groß, und die Schnelligkeit so beträchtlich, daß wir sie mit den Blicken kaum verfolgen können. 92)

Swammerdam hat bemerkt, daß die Heuschrecken sich, wenn sie springen, zwei hundert Mahl höher erheben, als ihr Körper lang ist. In den Hinterbeinen der Heuschrecken, die den Sprung hervor bringen, bemerke ich, daß die Schenkel gegen die Mitte des Körpers articulirt sind: und die Unterfüße sind wie sehr erhabene Gabelpfähle zu betrachten, zwischen welchen der Körper des Insekts im Gleichgewichte erhalten wird, um durch die Action der Streckmuskeln mit desto mehr Kraft geworfen zu werden. 93)

Phayllus, wenn man dem Eustathius und Tzetzes glauben darf, auf 56 Schuh weit springen konnte.

92) Der Floh springt nach allen Richtungen, vorwärts, rückwärts, und zu den Seiten. Dies thut auch die Heuschrecke, die die Araber deßwegen den Vater des Sprunges nennen. Der Floh macht nur mit den beiden Hinterbeinen den Sprung: die vier vorderen sind nicht nach entgegen gesetzten Richtungen gebogen, (non habent fulfraginem, sagt Franzius.)

Ich finde, daß Roberval eine Abhandlung de saltu pulicis geschrieben, aber ich glaube nicht, daß sie heraus gekommen ist.

93) Die Scorpionfliege (Panorpa communis) springt sehr leicht, aber nicht so vortheilhaft als die Heuschrecke: denn

XXXII.

Auf ähnliche Art, als der Sprung der Insekten erklärt worden, kann man auch das Springen der Käsemaden erläutern. 94)

Swammerdam hat den Sprung dieses Insekts beschrieben, aber nicht erklärt. Er sagt bloß, der Mechanismus dieses Sprunges sey ungemein bewundernswerth, und mache alle ähnliche Erfindungen der Kunst verächtlich. 95)

Will dieses Thier einen Sprung machen, so erhebt es seinen Körper auf dem hintern Ende desselben: dies wird vermittelst hervor springender Höcker auf dem letzten Ringe fixirt. In dem darauf folgenden Moment krümmt die Made, vermöge der Muskelfasern, die zu beiden Seiten des Bauches liegen, 96) ihren ganzen Körper kreis-

ihre beide Hinterbeine, mit welchen sie springt, sind sehr lang, und sind nicht in die Mitte, sondern in den unteren Theil des Körpers eingelenkt.

94) Ich glaube auch, daß man den Sprung der Puppe der Schlupfwespe (Ichneumon) auf ähnliche Art erklären kann, als den einfachen Sprung der Schlangen. Ich berufe mich auf das, was Reaumur über die Lage dieser Larve in ihrer Puppe beobachtet hat, ob er gleich den Sprung derselben falsch erklärt. Er sagt, die Larve bilde in ihrer gekrümmten Lage einen Bogen, dessen Enden den unteren Theil der Puppenschaale berühren, während der gewölbte Rücken an den oberen Theil stößt.

95) Bibl. natur., p. 699.

96) Die Ringe dieser Made sind eben so, wie bei der Raupe, inwendig mit Muskelfasern versehen, die man mit Lyonet in Rücken- und Bauchmuskeln abtheilen kann. (Abschn. IV.)

förmig: den Kopf führt sie gegen den Schwanz: aus dem letzteren läßt sie zwei rückwärts gekrümmte Haken hervor gehn, die in zwei kleine Grübchen am letzten Ringe ihres Schwanzes eingreifen.

Dann fängt das Spiel der Muskelfasern des Rückens an: diese strecken den Körper und platten den ovalen Ring, den er bildet, gegen die Unterstützungsfläche desselben ab. So bildet sich ein Mittelpunkt der Einbiegung, der den Körper in zwei zurück gekrümmte Hälften theilt.

Es theilen die Rückenfasern den beiden Enden einer jeden Hälfte Projections-Bewegungen nach entgegen gesetzten Richtungen mit. In dem Augenblicke, da diese Rückenfasern aufhören jene Bewegungen hervor zu bringen, hört auch die Action derer Muskelfasern, die den Kopf und Schwanz gegen den Boden bogen, auf: die Häkchen springen auf Ein Mahl mit einem Geräusche aus den Grübchen heraus; denn nun ist diese Verbindung zur Sicherung und Verlängerung der Fixation des Insekts nicht mehr nothwendig. Die Made gehorcht jetzt der Bewegung, die aus den ihr mitgetheilten hervor geht: sie macht einen Sprung, dessen Höhe vier und zwanzig Mahl die Länge ihres Körpers übertreffen kann.

XXXIII.

Es giebt unter den Käfern eine Gattung, die man den Schmidt oder den Springkäfer (Elater) zu nennen pflegt. Diese Thiere besitzen die sonderbare Fertigkeit, sich, wenn sie auf dem Rücken liegen, in die Höhe zu schnellen, und sich dergestalt wieder auf die Beine zu

helfen. Weiß glaubt, es sey der Stoß dieses Insekts gegen die Erde, der es in die Luft empor springen macht. 97)

Um den wahren Mechanismus dieses Sprunges kennen zu lernen, muß man wissen, daß dieses Thier, wie es Weiß schon angeführt hat, an seinem Brustschilde eine schuppige Verlängerung hat, die in eine Rinne oben am Bauche einpaßt, und dergestalt eine Art von Gelenk bildet.

Liegt der Käfer mit dem Rücken auf einer Fläche, so biegt er unmittelbar vor dem Sprunge seinen Körper in einen Winkel, dessen Spitze, indem sie sich von der Grundfläche entfernt, jenes Gelenk trägt.

In dem darauf folgenden Moment biegt das Thier dieselbe Articulation einwärts, indem es diejenigen Muskelfasern zusammen zieht, welche mit denen antagonisiren, die im Augenblicke vorher gewirkt haben. Die Action dieser Fasern dauert so lange fort, bis das Gelenk gesprengt und die Verlängerung des Brustschildes schleunig losgeschnellt ist: die letztere fällt nun außer und unter den vorspringenden Rand der Rinne am Bauche.

Vermöge dieses schleunigen Falles stößt das Brustschild dieses Insekts, vom Bauche nicht mehr unterstützt, mit seinem untern Rande gewaltsam gegen die Seite des Bodens. Der Rand prallt zurück: die Bewegung desselben erfolgt nicht mehr um denselben festen Punkt, in Rücksicht dessen der obere Theil des Brustschildes durch dieselben Fasern, die das Gelenk sprengten, eine Pro-

97) Act. helvetic., tom. II. p. 251 f.

jections-Bewegung nach vorn erhalten hat. Da nunmehr der Mittelpunkt der Bewegungen der beiden Enden des Brustschildes nicht mehr fix, sondern veränderlich ist: so kann der Brustschild dem überwiegenden Eindrucke dieser beiden Bewegungen gehorchen; er kann springen und den Körper des Insekts nach vorn auf die Beine werfen.

Beobachtet man diese Thatsachen in der Naturgeschichte der Insekten, so wird man den Ausspruch des Plinius wahr finden: die Natur zeige sich nirgends mehr in ihrer ganzen Größe, als in den kleinsten Geschöpfen. 98) Sie ist indessen nicht weniger bewundernswerth in der Stärke der Muskeln, wodurch der Wallfisch funfzehn bis zwanzig Schuh hoch aus dem Meere empor springt, womit er das Wasser durch eine so schleunige Bewegung seines Schwanzes schlägt, daß dieser flüssige Körper gleichsam fixirt, und gezwungen wird, dem Sprunge dieses ungeheuern Thiers einen festen Punkt darzubieten. 99)

98) Lib. XI. c. 8. Natura nusquam magis tota quam in minimis est.

99) Der Wallfisch so wohl als der Seeteufel können sich nur alsdann aus dem Meere empor schnellen, wenn sie ihren Körper nach wechselseitigen Richtungen in seiner ganzen Länge gebogen haben. So bemerkt auch du Hamel vom Lachse, daß er seinen Körper stark biegt und mit seinem Schwanze heftig schlägt, um den Widerstand einer reißenden Strömung zu überwinden und sich zu einer beträchtlichen Höhe zu erheben.

Digitized by Google

Dritter Abschnitt.

Von den fortschreitenden Bewegungen vierfüßiger Thiere.

In diesem Abschnitte werde ich zuvörderst von den fortschreitenden Bewegungen des Pferdes handeln, und nachher verschiedene Beobachtungen über die Abweichungen beibringen, die diese Bewegungen in andern Arten vierfüßiger Thiere darstellen.

Erster Theil.

Von den fortschreitenden Bewegungen des Pferdes.

Ich schränke mich darauf ein, den Schritt, den Trab und den Galopp des Pferdes zu untersuchen, welches die natürlichsten Arten seines Ganges sind.

I.

Der Schritt des Pferdes hat vier Momente, wie man es täglich sehen und hören kann. Zuvörderst erhebt sich eines der Vorderbeine, dann das in der Diagonale gegen über stehende Hinterbein, und hierauf folgen die beiden anderen Beine, von denen sich der Vorderfuß wiederum zuerst erhebt. Wechselsweise werden diese Bewegungen wiederhohlt: so wie jeder Fuß sich auf die Erde senkt, wird er allezeit vor seinem Nachbar voraus gesetzt.

Diese vier Momente fallen auf die Art in einander, daß ein Vorder- und ein Hinterbein zu gleicher Zeit vorgesetzt werden. Diese gleichzeitige Wirkung dauert in-

dessen beim Schritte bei weitem nicht so lange als beim Trabe.

Stellt die bildende Kunst die Pferde in Bewegung dar, so wählt sie meisten Theils die Stellung, da sie zwei Beine, die in der Diagonale einander entgegen stehn, zu gleicher Zeit erheben.

Dagegen behauptet Borelli, [1]) und nach ihm Desagulier s, daß durch dies gleichzeitige Vorsetzen der in der Diagonale gegen über stehenden Beine das vierfüßige Thier zum Wanken oder zum Fallen gebracht werden müsse. Es ist indessen leicht, diesen Einwurf zu heben.

Zwar wird das Pferd in dem Moment, da sich die gegen über stehenden Beine zugleich fortbewegen, leicht wanken können: aber das Fallen des Schwerpunktes wird dadurch verhindert, daß diese Beine in dem darauf folgenden Moment fixirt werden. Dies geschieht um so sicherer, je weniger das Thier aus Schwäche wankt, und je weniger das Schwanken in dem Hintertheile des Körpers bemerkt wird.

II.

Wenn sich beim Schritte ein Bein erhebt, so muß sein Nachbar den ganzen Theil der Masse des Körpers, der hierauf lastet, allein tragen. Schon Lafosse [2]) hat bemerkt, daß dies nicht geschehen könne, ohne daß das Bein, auf welchem diese Last ruht, seine Richtungslinie verändert und eine bequemere annimmt.

1) P. I. pr. 165.

2) Cours d'hippiatrique, p. 189 f.

Digitized by Google

Mir scheint, ehe diese Richtungslinie verändert wird, der Theil des Körpers, der auf dem erhobenen Beine ruht, sich mehr oder weniger zu senken.

Bereitet sich das Pferd zu irgend einer fortschreitenden Bewegung vor, so wird die Masse des Körpers auf den Säulen, die ihn unterstützen, nach vorn bewegt. Die Brust also bewegt sich auf den Vorder-, und die Beckenknochen auf den Hinterbeinen. 3) Diese Projection wird durch die Muskeln bewirkt, welche den Rumpf auf den Beinen biegen, deren Unterfüße fix sind, und den Körper niederzuziehen streben.

Der Kopf und der Hals verlängern sich bei denen Pferden, die die weitesten Schritte machen, nach vorn; doch verliert der Gang dadurch an Anmuth und Leichtigkeit: diese Theile befördern auch die Projection des

3) Aus diesem Vorrücken der Brust, wo sie gleichsam zwischen den Vorderbeinen hervor springt, geht ein zweiter Vortheil hervor, welcher dem Vortheile ähnlich ist, den eine beträchtliche Breite der Brust erzeugt. Xenophon bemerkt sehr richtig, (de re equestri, p. 933.) daß die Pferde, wenn sie eine breite Brust haben, die fortschreitenden Bewegungen länger aushalten können, ohne daß ihre Vorderbeine sich kreuzen. (Στέρνα πλατύτερα ὄντα, καὶ πρὸς κάλλος καὶ πρὸς ἰσχύν, καὶ πρὸς τὸ μὴ ἐπαλλάττ, ἀλλὰ διὰ πολλοῦ τὰ σκέλη φέρειν, εὐφυέστερα.) Dieses Kreuzen findet besonders im Zustande der Ermattung statt.

Bei verschiedenen Thieren ist das Vorspringen der Brust vor dem Anfange des Fortschreitens sehr auffallend. Die Araber nannten einen Esel, bei dem man diese Bewegung der Brust bemerkt, Nahhazon.

Rumpfes nach vorn, wodurch die fortschreitenden Bewegungen vorbereitet werden. Ungemein auffallend ist diese Bewegung des Kopfes und Halses bei den Zugpferden; und sie vermehrt die Wirkung, die sie durch die Last ihres Körpers hervor bringen.

Ist ein Pferd durch seinen Marsch ermüdet, so verlängert es seinen Hals mehr als gewöhnlich. Dadurch fällt der Schwerpunkt des Körpers mehr nach vorn, und befördert durch eine gleichmäßige Kraft des Antriebes seine fortgehende Bewegung.

Auch dient diese Verlängerung des Halses dazu, daß der Rumpf des Körpers durch den Antrieb der Hinterbeine auf den Stützen, die die Vorderbeine darbieten, leichter gehoben werde. Der Grund davon liegt darin, weil ein Theil der Last des Körpers durch die Wirkung des Kopfes, der am Ende des langen Halses, als eines Hebels, steht, in Gleichgewicht gesetzt und auf diesen Stützen schwebend erhalten wird. 4)

Da unmittelbar vor dem Fortschreiten der Körper des Thiers sich nach vorn wirft, so nehmen die vier Beine, die vorher senkrecht standen, eine etwas schiefe Stellung an. Man hat gesagt, 5) das Pferd sey genöthigt, entweder die Masse des Körpers nach hinten zu werfen, oder erst ein Bein und nachher die anderen vorzusetzen, damit

4) Daraus muß man die Bemerkung eines Arabers erklären, daß der lange Hals den Kamelen dazu dient, sich mit ihren Lasten, wenn sie sich hingelegt haben, wieder aufzurichten. (*Bochart.* hierozoic., P. I. col. 80.)

5) *Lafosse* l. c., p. 191.

die senkrechte Stellung der Beine wieder hergestellt werde.

Indessen bereitet diese schiefe Stellung der Beine nur die fortschreitenden Bewegungen vor, und nöthigt das Thier, sie hervor zu bringen. Diese Bewegungen werden nicht durch die bloße Erhebung der Beine gegen den vorwärts bewegten Rumpf des Körpers bewirkt: und diese Erhebung entsteht erst zufolge des Antriebes, den die Streckmuskeln der Fußgelenke dem Rumpfe geben müssen, und der wesentlich nothwendig zu diesen fortschreitenden Bewegungen ist.

III.

Beim Schritte erhält der Rumpf den erforderlichen Antrieb durch die Action der Streckmuskeln der Fußgelenke. Um diese Action wirksamer zu machen, biegt das Pferd mehr oder weniger diese Gelenke. 6) Indem die Muskeln die sich gegen den Boden stemmenden Gelenke wieder gerade richten, treiben sie den Rumpf des Körpers hinauf und vorwärts, da die Beine gegen den letzteren eine schiefe Richtung haben.

Hat der Antrieb des Rumpfes nach vorn seinen höchsten Grad erreicht, so wird jedes Bein, welches diesen

6) Beim Trabe und Galopp, sagt Lafosse a. a. O., biegt das Pferd anfangs die Gelenke der Vorderbeine; nachher drückt es auf die Erde, und zur Zeit der Gegenwirkung ist der Vordertheil gehoben, u. s. f. Dieselbe Biegung, mit der darauf folgenden Streckung, findet auch in den Hinterbeinen statt, und man bemerkt sie im gewöhnlichen Schritte am deutlichsten.

Digitized by Google

Antrieb hervor gebracht hat, nach dem anderen gegen den Rumpf gebogen, vom Boden aufgehoben, nach vorn bewegt, und von neuem auf den Boden gesetzt. 7)

Borelli sagt, 8) beim Marsche des Pferdes treibe das eine Hinterbein den Boden mit großer Kraft nach hinten, theile dem Schwerpunkte des Körpers eine Bewegung nach vorn mit, die in dem folgenden Moment fortdaure, da das Vorderbein derselben Seite erhoben und vorwärts bewegt wird.

Man sieht daraus, daß Borelli das Fortschreiten des Pferdes nur als die Wirkung der Reaction des Bodens ansieht, welche derjenigen ähnlich seyn soll, die er als die Ursache des menschlichen Ganges ansieht. Aber

7) Der Stoß der Beine auf den Boden wird durch den Körper des Pferdes desto stärker fortgepflanzt, je gerader die Beine gerichtet sind: ihre Krümmung schwächt diese Erschütterung, und ändert die Richtung der Gegenwirkung.

Darum bemerkt Xenophon (de re equestri, p. 934.) mit Recht, daß die unteren Knochen der Beine nicht zu gerade seyn dürfen, wie etwa die Knochen der Ziegenfüße; denn der Reiter empfinde alsdann sehr starke Stöße. Ich setze hinzu, daß der Erfolg dieser Gegenwirkung bei der Ziege durch die Menge der Knochen und die Verschiedenheit ihrer Gelenke sehr vermindert wird.

Auch gehört die Bemerkung der Araber hieher, daß die Hinterbeine des Pferdes nicht zu gerade gerichtet seyn dürfen, und daß es ein Fehler beim Kamel ist, wenn die Fußwurzel zu senkrecht gegen das Huf steht. (Gol. lex. arab., col. 1904. 1945.)

8) P. I. pr. 166.

Digitized by Google

diese Reaction ist in beiden Fällen nur eingebildet. (Abschn. II. §. IV.)

Dennoch hat man Borelli's Meinung über diesen Punkt allgemein angenommen. Bourgelat sagt 9) z. B., bei den fortschreitenden Bewegungen des Pferdes müsse die ganze Masse des Körpers durch die Percussion fortgetrieben und gehoben werden, die die Hinterbeine bei ihrer Streckung gegen den Boden ausüben. Aber man kann keinen wahren Stoß der Hinterbeine gegen den Boden annehmen, in so fern man darunter nicht einen bloßen Druck versteht, den sie hervor bringen, indem sie sich gegen den Boden stemmen, wie es zum Mechanismus einer jeden fortschreitenden Bewegung erfordert wird.

IV.

Der stärkste Antrieb, den der Rumpf des Körpers nach vorn erhält, wird durch die Hinterbeine hervor gebracht. 10) Es hängt derselbe vorzüglich von der Action derer Muskeln ab, die das Kniegelenk strecken und in die Höhe richten, wozu besonders der äußere und innere dicke Schenkelmuskel und der Schenkelbein-Muskel (cruralis) gehören. Die Streckmuskeln des Schenkelbeins selbst und des Unterfußes tragen wenig zu diesem Antriebe bei.

9) L. c., p 548 f.

10) Xenophon sah sehr gut ein, daß die Bewegungen des Pferdes desto rascher und sicherer sind, je weiter die Schenkel oben von einander stehn. Dies erklärt er aus der bekannten Thatsache, daß der Mensch, wenn er eine beträchtliche Last von der Erde aufheben will, seine Beine aus einander spreizt.

Digitized by Google

Das Kniebein beim Pferde stimmt mit der Ferse beim Menschen überein: und überhaupt kann man das Knie der vierfüßigen Thiere wie eine Ferse betrachten, die aber natürlicher Weise sehr weit über den Boden erhöht ist. 11)

Die Muskeln, die diesen Knochen erheben, bilden vereinigt eine Sehne, die sich an den oberen Theil desselben anlegt. Sie erheben und treiben das Hinterbein nach vorn, sie bewegen aber auch vermittelst dieses Beins den Rumpf des Körpers, und die vorher gegangene Projection des letzteren nach vorn erzeugt eine schiefe Stellung des Beins.

Der Antrieb des Körpers nach vorn, den das Hinterbein bei den fortschreitenden Bewegungen des vierfüßigen Thiers erzeugt, scheint durch die schiefe Lage oder die Krümmung geschwächt werden zu müssen, welche die Wirbelsäule zwischen diesem Antriebe und dem Widerstande erleidet, den ihm wenigstens eins der Vorderbeine entgegen setzt. Aber die Streckmuskeln der Wirbelsäule widersetzen sich alsdann der beträchtlichen Erhebung oder Krümmung derselben: sie agiren mit einem Vortheile, der mit den verschiedenen Neigungen der Dorn-Fortsätze in den Lenden- und Rückenwirbeln in Verhältniß steht. (Abschn. I. §. IX.)

Der Antrieb nach vorn, den beide Hinterbeine wechselsweise dem Körper mittheilen, erzeugt im Gange des Pferdes und anderer vierfüßiger Thiere, z. B. des Kamels, ein Wanken des ganzen Körpers zur Seite. Diese Er-

11) Den Bären und Affen ausgenommen. (Abschn. II. §. XIII.)

Digitized by Google

schütterung wird vorzüglich auffallend, theils wenn diese Thiere sehr lebhaft sind und sich in schiefer Richtung von einer Seite zur anderen bewegen, theils wenn sie bei großer Schwäche und nicht gar lang gestrecktem Körper kurze Schritte machen, bei denen die Muskeln, die diese Seitenbewegungen mäßigen oder hemmen sollten, keine hinreichend starke oder lange genug fortgesetzte Zusammenziehung ausüben können.

Die Vorderbeine des Pferdes befördern die Projection des Körpers nach vorn in etwas, indem sie, ehe sie sich vom Boden entfernen, sich mit Kraft auf dem Rande des Hufes erheben. [12]

Borelli irrt, wenn er sagt, [13] daß das Pferd im Fortschreiten sich nicht mit seinen Vorderbeinen gegen den Boden stemme: er setzt nämlich voraus, daß die Vorderbeine alsdann die Stellung haben, wodurch sie im gestreckten Zustande den Körper nach hinten treiben können. Er hat aber nicht bemerkt, daß vor dem Fortschreiten eine Projection der Masse des Körpers nach vorn hergeht, wodurch er eine geneigte Lage erhält, und wodurch jedes Bein, welches sich gegen den Boden stemmt, schief von hinten nach vorn gegen den Rumpf gerichtet wird.

Aber die Vorderbeine tragen durch die Kraft, womit sie die Masse des Körpers in die Höhe richten und nach

12) Um den Streckmuskeln des vornehmsten Gelenks der Vorderbeine einen vortheilhafteren Hebel zu geben, mußte bei verschiedenen vierfüßigen Thieren das obere Ende des Ellbogens einen der Ferse ähnlichen Fortsatz haben.

13) P. I. pr. 166.

vorn werfen, nur wenig zur fortschreitenden Bewegung bei. Diese Kraft hat einen großen Nachtheil: denn das Schulterblatt, auf welchem der Rumpf alsdann ruht, ist mit dem letzteren nicht eigentlich eingelenkt, sondern nur vermittelst seiner Muskeln mit den Hals- und Rückenwirbeln verbunden.

V.

Die Vorderbeine tragen ziemlich viel zur fortschreitenden Bewegung bei, in so fern sie vorwärts bewegt werden. Denn, wie schon Lafosse bemerkt hat, das Pferd nimmt, in Rücksicht auf die Weite der Bewegungen des Vorderbeins, immer nur wenig Raum ein. 14)

Diese Bewegung des Vorderbeins, welche, obgleich nur in geringem Maaße, die Streckung des Körpers nach vorn verlängern hilft, hängt, wie Bourgelat gezeigt hat, 15) von der Bewegung des Schulterblatts und des Oberarms ab, wodurch das ganze Glied seine Richtung erhält. Dies ist um so auffallender, da unter den Gelenken des Beins nur das Schultergelenk ein Knie bildet.

14) Ein Pferd, das im Laufe die Vorderbeine nur wenig erhebt, scheint nur hinzurollen. Dies nannten die Araber Tadahha.

Bei einem raschen und starken Trabe erheben die Pferde ihre Vorderfüße viel stärker. Daher sagt Virgil: (Georg. III. 76.)

Jugendlich trabt ein Füllen aus edlerem Blut in den Feldern höheres Ganges einher, und setzt die geschmeidigen Schenkel.

15) Mém. présent. à l'acad., vol. III. p. 554.

Digitized by Google

Die Muskeln, welche bei vierfüßigen Thieren das Schulterblatt und den Oberarm bewegen, sind sehr stark: sie bringen die Bewegungen dieser Knochen mit desto mehr Vortheil hervor und mäßigen sie desto leichter, je höher sie sich an dieselben anlegen. Um das Schulterblatt dergestalt zu fixiren und zu bewegen, wie es die Vollkommenheit der Bewegungen der Vorderbeine erfordert, muß das vierfüßige Thier die Halswirbel, an welche sich die Muskeln des Schulterblatts anlegen, in einem sehr gestreckten Zustande erhalten. Deßwegen richten die Pferde und andere vierfüßige Thiere im Gehen den Kopf beständig in die Höhe, vorzüglich, wenn sie mit mehr Anstrengung die Vorderbeine vorsetzen.

Bei den meisten vierfüßigen Thieren bewirkt die außerordentliche Länge der Dorn-Fortsätze der ersten Rückenwirbel, an welche sich der rautenförmige und andere Muskeln des Schulterblatts ansetzen, eine sehr beträchtliche Zusammenziehung in diesen Muskeln.

Beim Pferde ist der gemeinschaftliche Heber des Oberarms einer der wirksamsten Muskeln der vorderen Gliedmaße, wie unter andern Lorenz Nannoni richtig bemerkt hat: er kommt von den Quer-Fortsätzen der Halswirbel her, und steigt bis zum zweiten hinauf.

Nach Winslow's Bemerkung bewegt vorzüglich der große gezähnte Muskel das oberste Ende des Schulterblatts nach oben und vorn, und sichert dasselbe gegen das Niedersinken. Beim Hunde setzt sich dieser Muskel mit fleischigen Fasern nicht allein, wie beim Menschen, an die wahren Ribben, sondern auch an die Quer-Fort-

Digitized by Google

sätze der fünf letzten Halswirbel. [16]) Auch beim Pferde legt er sich an die Quer-Fortsätze der vier letzten Halswirbel.

Ueberhaupt ist der große gezähnte Muskel bei vierfüßigen Thieren ungemein stark. Hunauld bemerkt, [17]) daß diese Muskeln im Stehen oder Gehen unaufhörlich wirken, um den beträchtlichsten Theil des Gewichts des Körpers und der Lasten, die sie tragen, zu unterstützen. Ich füge hinzu, daß ihre Action desto wirksamer wird, je mehr das Thier bei zurück geworfenem Halse die Endfasern dieser Muskeln an die Halswirbel andrückt. [18])

VI.

Beim Trabe erheben sich die beiden Beine des Pferdes, die in der Diagonale gegen über stehen, zu gleicher Zeit, auch werden sie zugleich auf die Erde gesetzt, und wechseln dergestalt mit den beiden anderen ab.

Aber obgleich beim Trabe die beiden Paare, die die in der Diagonale entgegen gesetzten Beine bilden, wechselseitig erhoben und wieder niedergesetzt werden; so darf man doch nicht glauben, daß das eine dieser Paare genau

16) *Douglas* specim. myograph. compar.

17) Mém. de l'acad. de Paris, ann. 1735.

18) Diese anhaltende und heftige Bewegung der großen gezähnten und anderer Muskeln, die die Schultern bewegen, verursacht bei Krieges-Rossen und anderen Pferden, die voll Muth sind, eine merkliche Erschütterung der Schultern und der vorderen Theile der Brust. Die Araber haben diese Erschütterung besonders bemerkt. (Schultens über Hiob, XXXIX. v. 21.)

Digitized by Google

zu derselben Zeit niedergesetzt wird, da sich das andere erhebt. Es giebt bei dieser Bewegung ein sehr kurzes Zeit-Moment, wo alle vier Beine zugleich in der Luft erhoben sind. Diese Beobachtung scheint Bourgelat allein gemacht zu haben; doch wendete er sie zu allgemein auf alle Fälle des Trabes an. [19])

Nach dieser Bemerkung giebt es wenigstens eine Art des Trabes, der sehr ausgezeichnet ist. Dabei werden nicht allein, wie beim Schritte, die Vorderbeine vorgesetzt, und dem Körper durch die Hinterbeine ein Antrieb nach vorn gegeben; sondern es kommt auch in der Folge wie beim Galopp ein Sprung des Körpers vor, der die Wirkung des einen Hinterbeins ist, ehe das andere Hinterbein auf die Erde gesetzt wird. Der Mechanismus dieses Sprunges ist derselbe, den ich unten beim Galopp erklären werde; der Körper wird nämlich dabei durch die Action der Hinterbeine von der Erde entfernt.

Lafosse hat bemerkt, daß beim Trabe, wo sich die in der Diagonale entgegen stehenden Beine zugleich erheben, diese Säulen des Körpers mit ihren Lasten sich auf die anderen werfen, aber daß sie dennoch nicht die Richtungen der letzteren verändern, und daß also die senkrechte Stellung des Pferdes dabei nicht leidet. Der starke Schritt pflegt ermüdender für die Pferde als der Trab zu seyn. Der Grund davon scheint mir darin zu liegen, daß die Beine, während sie fix sind, sich beim

19) A. a. O., S. 564.

Schritte bemühen müssen, ihre Richtungen zu verändern, welches im Trabe nicht der Fall ist.

Treibt man Füllen oder schwache Pferde zum Trabe und Galopp an, so wählen sie gewöhnlich den Paßgang: bei diesem erfolgt jede fortschreitende Bewegung, indem die beiden Beine auf derselben Seite auf der Erde wegstreichen, und sich weit mehr verlängern als im Schritte.

Jene schwache Thiere vermeiden dergestalt die Wirkung des Fortschießens des ganzen Körpers, die man in einem der Zeit-Momente des Galopps, und, öfters wenigstens, im Trabe bemerkt. Da nun der Antrieb des Körpers im Paßgange eine schiefe und fast parallele Richtung mit dem Rückgrathe annimmt; so hat das Thier weniger dabei zu leiden, als beim gekreuzten Schritte des Trabes, wo der Antrieb des Hinterbeins weniger schief gegen den Rumpf gerichtet, und dieser auf den sizen Beinen schwebend erhalten wird.

VII.

Wenn das Pferd läuft, so geht es gewöhnlich eher im Galopp, als daß es bloß die Schnelligkeit seiner Schritte beschleunigen sollte. Die Ursache davon ist, weil bei der letzteren Art des Laufens jedes Paar der in der Diagonale gegen über stehenden Beine sich, wie beim gewöhnlichen Schritte, eines nach dem anderen erhebt, weil also die anderen Beine ihre Richtung verändern müssen, um die Masse des Körpers zu unterstützen, die bald auf diese, bald auf jene Seite lastet.

Digitized by Google

Es muß also diese sehr schleunige wechselseitige Veränderung der Richtungen der vier Beine, die doch immer mit der erforderlichen Genauigkeit und Stärke geschehn muß, dem Thiere außerordentlich lästig werden.

Im gestreckten Galopp, den man bei eigentlichen Rennern zu bemerken pflegt, lassen sich zwei Zeit-Momente unterscheiden: in dem ersten werden die Vorder-, in dem anderen die Hinterbeine erhoben.

In dem gewöhnlichen Galopp [20]) unterscheidet man dagegen drei bis vier Zeit-Momente. Diese lassen sich theils in Rücksicht auf die Ordnung, nach welcher die vier Beine sich erheben, theils in Rücksicht auf die Ordnung, nach welcher sie niedergesetzt werden, unterscheiden.

Diesen letzten Unterschied haben die Schriftsteller über die Pferdekrankheiten allgemein angemerkt. Allein ich glaube, es kommt hauptsächlich darauf an, daß

20) Von dem gewöhnlichen Galopp brauchten die Griechen das Wort κάλπη, und Saumaise hat also Unrecht, wenn er κάλπη durch Trab übersetzt. Ich glaube auch, daß man die Pferde *trepidiarios* (quasi *tripediarios a tripedando*) nannte, deren Galopp in drei Zeit-Momenten erfolgte. Die Verfasser der hippiatrischen Bücher brauchen von diesem Galopp das Wort τρίπηδον. Späterhin nannte man Pferde, die diesen Galopp gehn, *guttonarios*, *colatorios*. (*Salmas.* in Histor. August., tom. II. p. 11.)

Die Araber haben beim Kamel einen Gang bemerkt, wo immer kleine, aber sehr schnelle Schritte gemacht werden. Diesen nannten sie *Dahmaja*.

man den ersten Unterschied der Zeit-Momente betrachte, wenn man sich richtige Begriffe von dieser Art der Bewegungen machen will.

Wenn das Pferd im Galopp, wo durch das Niedersetzen der Füße drei Zeit-Momente bemerkt werden, zur Rechten geht, das heißt, wenn die Beine der rechten Seite vor den Beinen der linken Seite voraus sind; so wird in dem ersten Momente der linke Hinterfuß, in dem zweiten Momente der rechte Hinterfuß und der linke Vorderfuß, und endlich im dritten Momente der rechte Vorderfuß niedergesetzt.

Bemerkt man aber diese drei Zeit-Momente im Aufheben der Beine, wenn nämlich das Pferd zur Rechten galoppirt; so heben sich in dem ersten Momente der rechte Vorderfuß, in dem zweiten Momente der linke Vorderfuß und der rechte Hinterfuß zugleich, und im dritten Momente hebt sich der linke Hinterfuß und entfernt den ganzen Körper vom Boden.

Bemerkt man beim Niedersetzen der Beine im Galopp zur Rechten vier Momente; so wird im ersten der linke Hinterfuß, im zweiten der rechte Hinterfuß, im dritten der linke Vorderfuß, und im vierten der rechte Vorderfuß niedergesetzt.

Merkt man bei eben diesem Galopp auch das Aufheben der Beine, so wird im ersten Momente der rechte, dann der linke Vorderfuß, hierauf der rechte und endlich der linke Hinterfuß gehoben.

Man kann leichtlich eine Anwendung von dieser Folge des Aufhebens und Niedersetzens der Beine auf das Galoppiren zur linken Hand machen.

Digitized by Google

Bourgelat hat richtig bemerkt, daß, wenn die Hinterbeine beim Aufheben nicht ungemein nahe bei der Richtungslinie des Schwerpunktes stehen, die Biegung der Hinterbeine geringer ist: sie werden in einer schieferen Richtung von hinten nach vorn gehalten, das Thier streckt sich also mehr, aber sein Gang ist nicht so hoch.

Auch hat Bourgelat sehr wohl bemerkt, daß, wenn im Gegentheile die Biegung der Lendenwirbel mit einer beträchtlichen Senkung des Hinterleibes und einer schiefen Stellung der Gelenke der Hinterbeine verbunden ist, beim Aufheben diese Gliedmaßen der Richtung des Schwerpunktes gar sehr genähert werden, und die ganze Masse wird mehr erhoben als nach vorn getrieben.

Die letztere Stellung ist übrigens den Pferden eigen, die viel Stärke und Gewandtheit haben, wenn sie nicht zum Laufen besonders abgerichtet sind, bei schwachen Pferden hingegen ist die erste Stellung gewöhnlicher. Hierdurch erkläre ich Bourgelat's Bemerkung, daß der Galopp vier Momente habe, wenn die Hinterbeine sehr nahe an der Richtungslinie des Schwerpunkts niedergesetzt werden, daß man aber nur drei Zeit-Momente darin unterscheiden könne, wenn sie sich beim Niedersetzen sehr weit von dieser Linie befinden.

Der Galopp mit drei Momenten ist zwar unvollkommener und weniger regelmäßig eingetheilt, da das zweite Moment aus zwei in einander laufenden Bewe-

Digitized by Google

gungen zu bestehen scheint. Er ist aber auch für ein Pferd, das nicht so gar viel Stärke und Gewandtheit hat, weniger beschwerlich, als der Galopp mit vier Momenten.

Dagegen ist der letztere für ein lebhaftes und wohl abgerichtetes Pferd, das die Füße mit Leichtigkeit und Schnelligkeit bewegt, mit geringeren Beschwerden verbunden. Der Vortheil, den das Pferd dadurch erhält, scheint mir darin zu bestehen, daß der Körper, ehe er von einem der Hinterbeine vorgeworfen wird, viel kürzere Zeit auf diesem Beine allein ruht, und also von den beiden Hinterbeinen weit länger unterstützt wird.

VIII.

Ich will nun genauer die verschiedenen Bewegungen der Gliedmaßen und des Rumpfes, die beim Galopp vorkommen, erläutern. Als Muster wähle ich den gestreckten Galopp, wo nur zwei Momente unterschieden werden können. Nach dieser Erklärung wird dann die Theorie der anderen Arten des Galopps mit drei und vier Momenten keine Schwierigkeit haben.

1. Wenn der Körper durch eine Bewegung, die unmittelbar vor dem Fortschreiten des Pferdes hergeht, nach vorn geworfen wird; so erheben die Vorderbeine, indem sie sich auf dem Rande der Hufe in die Höhe richten, den Vorderleib. Um sich so zu erheben, dehnen sie die Gelenke des Unterfußes, und nachdem sie sich in die Höhe gerichtet haben, reißen sie sich von der Erde los, und biegen nur allein gegen den Rumpf ihre obere Gelenke.

Digitized by Google

Man muß dem Lafosse zugeben, daß das Pferd im Galopp die unteren Gelenke der Vorderfüße fast gar nicht biegt. Beim Trabe hingegen bilden die letzteren beinahe einen halben Kreis. Augenscheinlich zweckt dieser Unterschied darauf ab, daß die Vorderbeine beim Galopp einen desto größeren Raum umfassen, je mehr sie gestreckt worden sind.

2. So wie die Vorderbeine sich von der Erde heben, (oft auch, zumahl bei Rennpferden, einen Augenblick vorher,) wird der Körper durch die gemeinschaftliche Wirkung der Streckmuskeln des Rückens, des Halses und des Kopfes nach hinten geworfen. Diese Bewegung verhindert das Fallen des Körpers, wenn die Vorderbeine erhoben worden: sie macht, daß die Masse des Körpers, ehe sie sich vom Boden trennt, durch einen weniger langen Hebel widersteht, der sich nach hinten auf die biegsame Wirbelsäule stützt. Mit großer Kraft nimmt sich dann das Thier zusammen: der Rückgrath wird fixirt und bildet einen verkürzten Bogen, welches nothwendig ist, damit der Antrieb, wodurch der Sprung des Körpers hervor gebracht werden soll, so vortheilhaft als möglich benutzt werde. [21])

21) Die Wirkungen aller Muskeln, die beim Galopp agiren, vorzüglich aber derer, die die Wirbelsäule sichern, müssen durch die stärkere und längere Fixation des Brustgewölbes unterstützt werden. Daher muß die Luft stark eingeathmet und in den Luftgefäßen der Lungen zurück gehalten werden. (Abschn. II. §. XI.)

Deßwegen, um den Thieren mehr Kraft zum Athmen zu geben, ritzt man den Pferden in Ungarn und den Eseln

3. Der Sprung oder die Entfernung des Körpers von der Erde beim Galopp wird durch eine besondere Bewegung der Hinterbeine, und im gewöhnlichen Galopp durch die Bewegung des einen Hinterbeins bewirkt.

Die letztere entsteht auf keine Weise vermittelst der Gegenwirkung des Bodens auf diese Gliedmaße, wie man es noch neuerlich behauptet hat, [22]) sondern kraft eines Mechanismus, der demjenigen ähnlich ist, welcher beim Menschen den Sprung hervor bringt.

Unmittelbar vor diesem Sprunge bilden die stark gebogenen Gelenke des Beins fixe Punkte, um welche die Streck- und Hebemuskeln dem Schienbeine Projections-Bewegungen mittheilen, die die Enden dieses Knochens nach entgegen gesetzten Richtungen ziehen. Die Enden des Schienbeins werden dergestalt um einen veränderlichen Mittelpunkt der Drehung bewegt; und das Schienbein, ohne festen Unterstützungspunkt, kann nun einer Bewegung folgen, die aus den ihm mitgetheilten Projections-Bewegungen zusammen gesetzt ist. Diese Bewegung reißt das Bein von der Erde, wirft es in die Höhe und nach vorn, und giebt ihm die Kraft, den Körper des Thiers nach derselben Richtung zu treiben.

in Arabien die Nasenflügel auf. Die Dshiggetai's (*Equus* Hemionus) kehren die Nase dem Winde zu, wenn sie laufen wollen: und sie sind schneller im Laufen als die Renner. (Pallas neue nordische Beiträge, B. II. S. 1—21.)

22) Encycl. méthod. Dictionn. de l'équitation, p. 24.

Diese Bewegung des Körpers, wo er nach oben und vorn durch den Antrieb des Schienbeins gezogen wird, bekommt zugleich noch mehr Stärke durch den gemeinschaftlichen Antrieb des Schenkels, der die Richtung jener Bewegung auf verschiedene Weise modificirt. Der Sprung des Schenkels wird ebenfalls durch die Projections-Bewegungen nach entgegen gesetzten Richtungen veranlaßt, die die Streckmuskeln des Kniees und Hüftgelenks den Enden des Schenkels mittheilen, und wodurch diese Enden zur Bewegung um einen veränderlichen Mittelpunkt der Drehung gebracht werden.

4. Die Streckmuskeln der Gelenke der hinteren Gliedmaßen treiben den Rumpf des Körpers nach vorn, und zwar geschieht dies vermöge der Kraft, die sie alsdann anwenden, wenn der Körper eben zurück geworfen ist und sich nun von der Erde losreißen soll. In diesem Momente verlängern sich auch der Rücken, der Hals und der Kopf nach vorn: dies erfolgt durch die Action der Rücken- und Lendenmuskeln, die zur Ausdehnung dieser Theile nach der angegebenen Richtung gemeinschaftlich beitragen.

Wenn die Rennpferde zum Laufe ansetzen, so erheben sie ihren Körper nur wenig, [23]) aber sie strecken ihn so viel als möglich vorwärts, und verlängern den Hals, so weit es geschehen kann. [24])

23) Voyage de Londres par *Grosley*, tom. I. p. 312.

24) So wohl auf alten Kunstwerken als in den Gedichten der Vorwelt ist dieses Vorstrecken des Halses bei Pferden ausgedruckt. Il. XXII. 23. XXIII. 403. Od. VI. 83.

Digitized by Google

5. Gleich nach dem Sprunge fallen die Vorderbeine zuerst auf die Erde, und gleich darauf auch die Hinterbeine. In der Zwischenzeit kann der Hinterleib durch die Action der Lenden-, der Bauchmuskeln und der verschiedenen Muskeln der Hinterbeine nach vorn gezogen werden.

6. Indem die Hinterbeine dergestalt nach vorn gezogen werden, wird das Viereck, auf welches sich der Körper stützt, sehr verkürzt, indem die Hinterbeine nahe an den Punkt zu stehen kommen, wohin die Linie des Schwerpunkts fällt, und fast mit der ganzen Last des dergestalt gleichsam zusammen gezogenen Körpers beladen werden. Da diese Beine jetzt so nahe den Vorderbeinen sind, so können sie dieselben beim Aufrichten stoßen, wenn diese fix blieben. Allein diese Stellung nöthigt das Thier, die Erhebung der Vorderbeine zu wiederhohlen und dergestalt den Galopp fortzusetzen.

Hierauf beziehe ich, was Virgil (Georg. I. 514.) sagt:

Ut, cum carceribus sese effudere quadrigae,
addunt in spatia, et fruſtra retinacula tendens,
fertur equis auriga.

Es scheint mir ein sehr poetischer Sinn in den Worten: *addunt in spatia*, zu liegen, den weder Gesner noch Heyne erreicht haben. Die Rosse nämlich verkürzen den Raum durch die Streckung des Halses.

Digitized by Google

Zweiter Theil.

Von den Abweichungen der fortschreitenden Bewegungen bei verschiedenen vierfüßigen Thieren.

IX.

Die vornehmsten Verschiedenheiten in den fortschreitenden Bewegungen verschiedener vierfüßiger Thiere beziehn sich auf die Verhältnisse der Länge im Rumpfe, in den Vorder- und Hinterbeinen. Dies ist das Resultat sehr vieler Thatsachen, die ich jetzt anführen und entwickeln will.

Was zuvörderst den Löwen betrifft, so ist dieses Thier in der That nach den schönsten Verhältnissen gebildet. Indessen ruht die Masse seines Körpers weit mehr auf den Vorder- als auf den Hinterbeinen. Ohne Zweifel würde der Vorderleib, wenn er im Laufe oder vor jedem Sprunge mit dieser Masse erhoben wird, von den Hinterbeinen nicht gehörig unterstützt werden, wenn nicht die Länge und beträchtliche Stärke des Schwanzes durch seinen Widerstand den Hinterleib fixirten. [25])

25) Der Schwanz des Löwen hat einen Neben-Nutzen, wenn er, um bei heftigen Bewegungen fortzuschießen, sich die Seiten mit demselben schlägt. Diese äußere Anreizung der sonst ruhenden Muskeln macht sie zu den stärksten Zusammenziehungen fähig.

Der Mensch sucht auf ähnliche Art seine Muskeln zu stärkeren Bewegungen zu treiben. Wenn die Alten recht heftige Leibesübungen unternehmen wollten, so schlugen

Der Löwe macht im Gehen große Schritte: in Verhältniß zur Länge des Rumpfes hat er ziemlich hohe Beine, und giebt durch die Action seiner Hinterbeine dem Körper einen starken und verlängerten Antrieb. Diesem Antriebe widersteht die beträchtliche Masse des Vorderleibes, und dadurch bekommt der Rumpf eine noch mehr ausgezeichnete Bewegung zur Seite.

Aus dieser Ursache sind die Bewegungen des Löwen, so bald er keine Sprünge macht, abgemessen und etwas schief gerichtet, wobei die Schultern sehr stark agiren und der ganze Körper ein beträchtliches Wanken zu beiden Seiten erleidet. [26])

sie vorher gewaltsam mit den Armen hin und her. Dies nannten sie σκιαμαχεῖν (*Pausan.* lib. VI. c. 10. und *Winkelmann* descr. des pierres gravées de *Stosch*, p. 458.) **Statius** sagt, (Thebaid., VI. 587.) daß Parthenopäa, Idas und Andere, um sich zum Wettlaufe anzuschicken, mit den Händen stark auf die Brust schlugen. (— Nunc lubrica forti pectora collidunt plausu) Er setzt mit Recht hinzu, diese durch die Kunst veränderte Bewegungen instimulant docte languentia membra tumultu.

26) Die Araber haben von diesen Seitenbewegungen des Körpers und der Schultern beim Gange des Löwen einen eigenen Nahmen desselben entlehnt.

Aristoteles (physiognom., c. 5. 6.) sagt mit Unrecht, diejenigen Menschen, die gekrümmt gehen und dabei die Schultern stark erheben, haben Löwen-Muth. Man sieht leicht ein, daß diese Erhebung der Schultern bei starken Leuten von dem beträchtlichen Widerstande herrührt, welchen der nach vorn geworfene obere Theil des Körpers dem lebhaften Antriebe der Beine entgegen stellt.

Digitized by Google

Man bemerkt übrigens, daß der Löwe so wohl als das Kamel jedes Bein so in Bewegung setzen, daß das entgegen stehende, welches sich nach ihm bewegt, nicht vorgesetzt wird. [27])

Der Löwe läuft, wie der Hund, [28]) nicht anders als im gestreckten Galopp; aber am häufigsten laufen beide nur, indem sie ihre Schritte ausnehmend beschleunigen. Dieser Lauf ist beiden Thieren bequem:

1. Weil ihr Vorder- und Hinterleib nur eine geringe Breite haben. Bei dem schnellesten Schritte können sie beide hinreichend unterstützen, indem sie nur wenig Kraft anwenden, um die Richtung ihrer Beine zu verändern.

2. Weil sie den Antrieb ihrer Hinterbeine zur Unterhaltung des schleunigen Laufes mit beträchtlicher Stärke und Beständigkeit mäßigen können.

27) Plinius sagt: (lib. XI. c. 45.) Reliqua animalia, ut libitum est, gradiuntur: leo tantum et camelus pedatim, hoc est, ut sinister pes non transeat dextrum, sed subsequatur. Eben so auch Aristoteles (histor. animal. lib. II. c. 4) wo κατὰ σκέλος durch pedatim von Plinius ausgedruckt ist.

Was das Kamel betrifft, so führt Bochart (hierozoic., P. I. col. 94) ein arabisches Sprichwort an, welches von Leuten gebraucht wird, die ein Geschäft gleichmäßig betreiben: „Sie sind, sagt man, wie die Kniee des Kamels „im Gange."

28) Aristoteles (hist. anim., lib. IX. c. 44.) sagt vom Löwen: τὸ δρόμημα συνεχῶς, ὥσπερ κυνος ἐστι μετατεταμένον. „Der Lauf des Löwen, wie des Hundes, ist „beständig gestreckt."

Digitized by Google

X.

Die vierfüßigen Thiere mit sehr langem oder sehr dickem Rumpfe und fast gleich hohen Beinen können nur kurze Zeit und mit beträchtlicher Beschwerde galoppiren, wenn sie nicht von der Natur eine verhältnißmäßige und ungewöhnliche Stärke der Muskeln erhalten haben. Denn sonst können sie nicht so oft Sprünge machen, oder ihren ganzen Körper vorwärts werfen, als es zur langen Fortdauer des Galopps erfordert wird: denn sie müssen zu viel Kraft anwenden, um das Gleichgewicht ihres Körpers auf den Hinterbeinen unmittelbar vor jedem Sprunge wieder herzustellen.

Diese Thiere können auch nicht lange auf die Art laufen wie der Mensch, (Abschn. II. §. IX.) indem sie ihre gewöhnliche Schritte ungemein beschleunigen: denn die Länge oder die Schwere des Rumpfes würde ihnen die gekreuzten Bewegungen außerordentlich beschwerlich machen, die dieser sehr beschleunigte Gang erfordert.

Der Tiger hat einen sehr langen Leib und ungemein kurze Beine, wie Büffon und Daubenton gezeigt haben. Er kann nicht sehr geschwind laufen: aber vermittelst sehr schnell wiederhohlter und weiter Sprünge, die er ohne sonderliche Anstrengung zu machen scheint, stürzt er sich auf das Thier, welches er verfolgt.

Der Panther hat einen dem Tiger ähnlichen Bau, aber er ist um vieles schwächer. Darum pflegt er nach einigen Sprüngen, um seine Beute zu erhaschen,

Digitized by Google

wenn er sie nicht erreichen kann, von der weiteren Verfolgung derselben abzustehen.

Haase bemerkt, daß das Schlüsselbein der Katze durch ungemein schlaffe Bänder mit dem Thorax verbunden und selbst so klein ist, wie bei keinem anderen Thiere: daß der Tiger an der Stelle des Schlüsselbeins, da, wo der Oberarm in das Schulterblatt eingelenkt ist, nur ein kleines Knöchelchen von der Länge des kleinsten Fingers hat.

Der Zweck dieser schwachen und unvollkommenen Schlüsselbeine bei den Thieren, die zum Katzengeschlechte gehören, scheint der zu seyn, daß die Vorderbeine, von den Hinterbeinen wechselsweise angetrieben, nicht so leicht nach außen geworfen werden, als bei denen Thieren, die vollkommene und wohl befestigte Schlüsselbeine haben. Dadurch erhalten ihre Schritte eine weniger schiefe Richtung, und können weniger zur Seite abweichen.

XI.

Fast bei allen Thieren haben, wenn sie stehen, die Vorderbeine ungefähr dieselbe Höhe wie die Hinterbeine, weil diese höhere Gelenke haben, die aber allezeit gebogen bleiben. Die letzteren haben, wenn sie vollkommen in die Höhe gerichtet sind, eine beträchtlichere Länge als die Vorderbeine.

Es giebt vierfüßige Thiere, bei welchen diese Länge der Hinterbeine vorzüglich beträchtlich ist, wie z. B. der Haase, das Kaninchen und die Jerboa.

Digitized by Google

Ich bemerke bei allen diesen Thieren, daß die fortschreitende Bewegung mit einem besonderen Sprunge des Hinterleibes verbunden ist. Dies kann man desto deutlicher bemerken, je niedriger ihr Bauch hängt. Bei den Kaninchen fällt dieser Sprung am bestimmtesten in die Augen.

Wenn dieses Thier auch noch so langsam geht, so macht es mit den Vorderbeinen zwei oder drei Schritte, während der Hinterleib unbeweglich bleibt. [29]) Dieser wird bei so verlängertem Körper vorzüglich vermittelst der Streckmuskeln des Rückgraths nach vorn gezogen: dann erheben sich die Hinterbeine, richten sich in die Höhe, und bewirken ein Vorspringen des ganzen Hinterleibes. Dergestalt geht das Kaninchen mit dem Vorderleibe schrittweise, und springt mit dem Hintertheile.

Bei dieser fortschreitenden Bewegung würde die Anstrengung der Hinterbeine, wodurch der Körper nach vorn getrieben wird, großen Theils verloren gehn, und dem Thiere viel vergebliche Beschwerden machen, wenn die Schritte, die die Vorderbeine thun, den Bogen des Rückgraths nicht niederdrückten und verlängerten. Aber im Stande der Ruhe ist dieser Bogen sehr stark gekrümmt, weil er sich auf die sehr ungleichen und einander ungemein nahe stehenden Beine stützt.

XII.

Der besondere Sprung der hinteren Hälfte des Körpers findet nicht allein bei dem langsameren Gange

29) *Daubenton* hist. natur., tom. XIII. p. 97.

des Kaninchens, sondern auch bei seinem Laufe statt, welches ein wahrer Galopp mit zwei Zeit-Momenten ist. Alsdann wird ein besonderer Sprung im Hinterleibe so oft wiederhohlt, als der Körper auf die Vorderbeine zurück fällt, nachdem er von den Hinterbeinen vorwärts geworfen worden war.

Auch bei dem Laufe des Hasen, dessen Vorder- und Hinterbeine eine sehr ungleiche Länge haben, bemerkt man diese Art des Sprunges.

Xenophon [30]) hat schon die Vortheile, die der Bau des Hasen ihm für den Lauf giebt, und die sich bei keinem anderen Thiere von derselben Größe finden, sehr gut entwickelt. Er schildert die Gewandtheit und Leichtigkeit, die diese Formen dem Hasen geben: er bemerkt, daß auch im ruhigen Gange der Hase beständig springe, denn niemand hat je einen Hasen schrittweise gehen sehen Xenophon bemerkt auch, daß dieses Thier seine Hinterbeine allezeit weiter aus einander setzt, als die Vorderbeine.

Nach seiner Bemerkung thut der Schwanz des Hasen nichts zur Beförderung des Laufs: denn wegen der Kürze desselben kann er dem Körper keine Richtung geben. Diese giebt sich indessen das Thier vermittelst eines von beiden Ohren, welches man, wenn die Hunde es verfolgen, deutlich genug bemerken kann. Denn alsdann, sagt Xenophon, giebt der Hase dem einen Ohre eine schiefe Stellung, richtet sich nach

30) De venatione, p. 982 f.

dieser Seite, wo er keinen Widerstand von der Luft gegen das lange und hohle Ohr empfindet, [31]) und auf diese Art kehrt er sich sehr schnell um und läßt die ihn verfolgenden Hunde hinter sich zurück.

Die dem Hasen ähnlichen Thiere laufen besser, wenn sie Anhöhen ersteigen; und das ist der Grund, warum der Hase, wenn er verfolgt wird, einen Berg zu erreichen sucht. Wird er hingegen den Berg hinab gejagt, so sucht er den Vortheil, den die Hunde über ihn haben, dadurch zu schwächen, daß er, wie Franzius richtig bemerkt hat, nicht in gerader Linie fortläuft, sondern schiefe Umwege macht.

Gehen die dem Hasen ähnlichen Thiere auf ebenem Boden oder hinabwärts, so werden sie durch den besonderen Sprung des Hinterleibes, der nach jedem Antrieb der Hinterbeine entsteht, ohne Noth ermüdet und sogar aufgehalten. Aber im Aufsteigen wirkt dieser Antriebe vortheilhaft auf den Körper, und der Hinterleib wird, wegen der höheren Lage der Vorderbeine, weniger dadurch gekrümmt.

Es giebt eine große Menge ähnlicher Thatsachen, die hieraus erläutert werden können. Der Hausmarder springt und hüpft beständig, statt zu gehen: denn auch seine Hinterbeine sind viel länger als die Vorderbeine.

31) Die Worte heißen eigentlich: ὁποτέρᾳ ἂν λυπῆται, ἐπερειδόμενος. „Er neigt sich auf die Seite, wo er sich „beleidigt findet, oder, wo er Widerstand empfindet.“ So hat auch Aelian bemerkt, daß der Hase sein Ohr nach der Seite hin wendet, wohin er seinen Lauf nehmen will.

Digitized by Google

Das Aguti ist aus eben diesem Grunde gezwungen, sich kopfüber die Anhöhen hinab zu wälzen: dasselbe bemerkt man auch bei den Cavien, bei den wilden amerikanischen Schweinen, u. s. w.

XIII.

Die Jerboa gehört zur Gattung der Springhasen, und Allamand hat ihre Bewegungen sehr gut beschrieben. [32])

Da ihre Hinterbeine ungemein lang gegen die Vorderbeine sind, so geht sie nur alsdann auf allen vieren, wenn sie einen Berg erklettern will. Um ihn hinab zu steigen, bedient sie sich bloß der Vorderfüße, und schleppt die Hinterbeine, als völlig unnütz, hinterher.

Uebrigens geht sie nicht anders als in Sprüngen. Bei jedem Sprunge ist ihr Körper mehr oder weniger nach vorn geneigt: sie stützt sich nur auf das äußerste Ende ihrer hinteren Zehen, indem sie die Vorderfüße an die Brust drückt. Sie kann eine Menge Sprünge hinter einander machen, von denen jeder über anderthalb Klaftern weit ist: dies thut sie mit einer solchen Schnelligkeit, daß die gewandtesten Pferde der Kosacken sie im Laufe nicht einhohlen können. [33])

Aus den vorher angeführten Bemerkungen lassen sich diese Beobachtungen leicht erklären. Man muß

32) Supplém. à l'hist. natur. de Buffon, tom. XII. p. 62.
33) Voyage de Pallas, tom. II. p. 284.

noch dabei bemerken, daß die Jerboa eine beträchtliche Stärke in ihrem langen Schwanze hat: dieser dient zur Unterstützung des Körpers vor jedem Sprunge; denn er fällt allezeit auf die Seite, die der Richtung der Bewegungen des Thiers entgegen steht. Dies hatte schon Shaw bemerkt, und Lepechin's Erfahrungen haben es bestätigt. Der Letztere fand, daß, wenn man diesen Thieren einen Theil ihres Schwanzes abhieb, sie nicht mehr so weit springen konnten: schnitt man denselben ganz weg, so fielen sie rücklings über, wenn sie sich auf den Hinterbeinen in die Höhe richten wollten.

Der berühmte Weltumsegler Cook entdeckte in Neu-Holland ein vierfüßiges Thier, welches von den Eingebornen Känguru genannt wurde. Dieses Thier ist völlig ausgewachsen so groß wie ein Hammel, der Jerboa ungemein ähnlich: sein Kopf und seine Schultern sind, gegen andere Theile des Körpers gehalten, ungemein klein. Es macht im Gehn sehr weite Sprünge mit seinen Hinterbeinen, die ungefähr drei Mahl länger sind als die Vorderbeine, und der Schwanz ist beinahe eben so lang als der Körper. 34)

XIV.

Die Giraffe hat dagegen weit längere Vorder- als Hinterfüße. Diese beträchtliche Ungleichheit, die, nach Allamand's Bemerkung, bei der noch jungen

34) Hawkesworth merkwürdige Reisen, Th. III. S. 89.

Giraffe nicht so wahrzunehmen ist, hat auf die fortschreitenden Bewegungen des Thiers einen sehr bedeutenden Einfluß.

Der gewöhnliche Gang der Giraffe ist ein Paß- oder Zeltergang; aber sie kann noch viel langsamer gehen und außerdem auch galoppiren. Unterscheidet man diese verschiedenen Arten des Ganges, so lassen sich die verschiedenen Beschreibungen vereinigen, welche die von Bochart [35]) angeführten Schriftsteller von dem Gange der Giraffe gegeben haben.

Belon erzählt, daß die Giraffe im Laufen ihre beide Vorderfüße zugleich erhebt. Auch andere sagen, [36]) sie hebe im Sprunge die beiden Vorder-, und hierauf die beiden Hinterfüße zugleich. Der Gang, von dem Belon spricht, ist ohne Zweifel ein wahrer Galopp: hier wird der Körper, wie beim Sprunge, nur durch die gemeinschaftliche Action der beiden Hinterfüße vorgeworfen; denn die unverhältnißmäßige Masse, die auf den Vorderbeinen ruht, leistet einen zu beträchtlichen Widerstand. So oft übrigens die Giraffe ihre Vorderfüße erhebt, wirft sie den Hals zurück, den sie sonst allezeit gerade und aufrecht trägt. [37])

Der langsamste Schritt der Giraffe geschieht auf eine ganz andere Art, als alle übrige vierfüßige Thiere

35) Hierozoic., P. I. lib. 3. c. 21.

36) Supplém. à l'histoire natur. de *Buffon*, tom. VI. p. 218.

37) Sparrman's Reise, S. 510.

Digitized by Google

einher gehn. Diese, das Pferd z. B., bewegen anfangs den rechten Vorder-, und dann den linken Hinterfuß (§. 1.); bei der Giraffe hingegen wird der linke Hinterfuß vor dem rechten Vorderfuße bewegt. [38])

Der Grund dieses besonderen Fortschreitens der Giraffe liegt darin, daß, wenn das Vorderbein den Rumpf nach sich zöge, ehe das ihm entgegen stehende Hinterbein vorgesetzt würde, der so geneigte und verlängerte Rumpf leicht müßte geschwächt werden können, weil er an einem zu langen Hebelarme auf die Unterstützungspunkte der Hinterfüße wirkte.

Der natürlichste Gang der Giraffe ist ein Paß: dieser kann langsam und steif seyn, wie ihn Heliodor beschrieben hat; er kann aber auch schneller seyn als der gestreckte Galopp der Pferde, wie Constantius, von Bochart angeführt, berichtet.

Ohne Zweifel ist der Paß für die Giraffe bequemer als der Galopp; denn die beträchtliche Last, die auf den Vorderbeinen ruht, kann nur mit großer Mühe im Galopp gehoben werden. Aus diesem Grunde werden auch die gekreuzten Schritte für das Thier viel ermüdender als der Paß, weil der Antrieb von den Hinterbeinen mit größerem Nachtheile gegen den Rumpf

38) Ein arabischer Schriftsteller, Damir, hat dies schon beobachtet, (*Bochart* hierozoic., P. I. col. 905.) wobei zu bemerken ist, daß Bochart die arabische Partikel: Wau, unrichtig durch und giebt. Es heißt hier, wie auch anderswo, unmittelbar darnach. So muß man übersetzen, um einen Sinn heraus zu bringen.

Digitized by Google

des Körpers gerichtet wird, der bei diesen Schritten sehr verlängert ist.

Der Paß der Giraffe bringt den Vortheil, daß, wenn ein Vorderbein zu gleicher Zeit mit dem Hinterbeine derselben Seite bewegt wird, der Vorderleib, den dieses Vorderbein unterstützt, dergestalt niedersinkt und verlängert wird, daß er leichter durch den gleichzeitigen Antrieb des Hinterbeins nach vorn bewegt werden kann.

Man sieht ein, daß dieser Antrieb um so weniger dazu dienen kann, den Körper dieses Thiers nach vorn zu treiben, je mehr der Rücken geneigt, und je höher der Thorax wegen der außerordentlichen Länge der Schulterblätter wird. Die letztere haben Allamand, Patterson und le Vaillant bemerkt, die übrigens auch gezeigt haben, daß die Vorderbeine nicht um so gar vieles länger sind, als die Hinterbeine. [39])

39) Beim Nyl-ghau muß ein ähnlicher Nachtheil des Antriebes des zu niedrigen Hinterleibes, um den Vorderleib vorwärts zu treiben, anerkannt werden. Um diesen Nachtheil auszugleichen, glaube ich, bereiten sich die Nyl-ghau's auf eine seltsame Art zum Sprunge vor, wenn sie mit einander kämpfen wollen. Hunter (Journ. de phys. suppl., t. XIII. 1778) beschreibt ihre Zurüstung zum Kampfe auf folgende Weise:

Zwei männliche Nyl-ghau's, die ziemlich weit von einander entfernt standen, rüsteten sich dergestalt zum Kampfe, daß sie auf die Kniee fielen, alsdann sehr schnell einander entgegen rutschten, und endlich mit großer Heftigkeit auf einander los sprangen.

Digitized by Google

XV.

Wenn die Giraffe im Paß geht, so scheint sie zur Rechten und Linken wechselsweise zu hinken, und zugleich mit den Seiten überzuschwanken, wie Gillius bemerkt hat. Sparrman versichert, daß dies Hinken weder beim Schritte noch beim Galopp bemerkt werde.

Um dies scheinbare Hinken zu erklären, nehme ich an, daß der eine Vorder- und Hinterfuß im Paßgange zugleich auf die Erde gesetzt werden: ist der Körper nun gehoben und nach vorn getrieben, so fällt er auf diese beide Stützen wieder zurück; dieser Fall, im Hintertheile weniger unterstützt, bringt dort ein desto deutlicheres Hinken hervor, je mehr der Rumpf der Giraffe verkürzt ist.

Auf ähnliche Art kann man den Anschein des Hinkens im Laufe der Hyäne erklären: ohne Zweifel wird dies bemerkt, wenn sie im Paß geht. Dieser Anschein kommt daher, weil die Hyäne einen kurzen und gedrängten Rumpf und viel höhere Hinter- als Vorderbeine hat.

Die Araber haben beim Wolfe ein ähnliches Hinken angemerkt. Sie scheinen aber dadurch nur ein sehr ausgezeichnetes Wanken zur Seite verstanden, und dies auf die wechselsweisen und gleichsam unsichern Schritte bezogen zu haben, womit diese Thiere ihre Beute überfallen.

Inzwischen entsteht noch die Frage, ob nicht im Baue der Hyäne ein wirklicher und besonderer Fehler

Digitized by Google

statt findet. Denn man sagt, [40]) sie hinke bei den ersten Schritten, die sie thut, auf dem linken Beine, besonders wenn man sie aufjagt.

Damir erklärt auf sonderbare Weise die Ursache dieses Hinkens der Hyäne. Bochart vermuthet, es sey die Folge eines Knotens, den die Hyäne in der Schultergegend habe. [41]) Aber er hat sich zur Annahme dieses vorgeblichen Knotens, durch willkührliche und falsche Auslegungen einzelner Stellen im Plinius und Oppian verleiten lassen. [42])

40) Dictionnaire des quadrupèdes, p. 141.

41) Hierozoic., P. I. lib. III. c. 2. col. 841.

42) Plinius spricht (lib. XXVIII. sect. 27.) von einer magischen Warze, die, unter dem Nahmen: *Atlas*, das erste Stück der Wirbelsäule des Nackens ausmache.

Es ist unbegreiflich, wie Bochart und Hardouin hieraus den letzten Nackenwirbel machen wollen, und zu dem Ende eine Stelle aus dem Pollux anführen können, wo der Atlas ὁ τελευταῖος σφόνδυλος heißt. Das Wort τελευταῖος bedeutet hier offenbar eben so den ersten Wirbel, als man es von dem ersten Stammvater eines Geschlechts, im Aufsteigen, gebraucht.

Nach Bochart's Meinung wird der letzte Nackenwirbel von Plinius der erste genannt, weil sich hier ein Höcker oder eine Krümmung zeigt, die auch von Oppian angemerkt worden. Aber Oppian sagt bloß, der Rückgrath der Hyäne krümme sich in der Mitte, (κυρτοῦται μεσάτην ῥάχιν.) Die Mitte des Rückgraths trifft aber nicht mit dem letzten Halswirbel zusammen.

Was Plinius und Lucanus *nodum hyaenae* nennen, scheint der Höcker zu seyn, den die Queer-Fort-

XVI.

Die Größe der Unterfüße bei vierfüßigen Thieren hat einen sichtbaren Einfluß auf die Geschwindigkeit ihrer fortschreitenden Bewegungen. Schon Fabricius von Aequapendente bemerkt, daß der Lauf der Thiere desto schneller ist, je kleiner die Fläche, womit sie die Erde berühren, ehe sie sich vom Boden entfernen. Darum sind seiner Meinung nach die Hunde und Hasen viel schneller im Laufe als die Affen und Bären.

Hierzu kommen die Beobachtungen, die Büffon und Daubenton machten, daß der Mokoko und alle Thiere mit handförmigen Füßen einen schiefen und schweren Gang haben; daß der Biber, dessen Hinterfüße viel länger als die Vorderbeine sind und in lange Plattfüße ausgehn, sich nur mit großer Mühe schnell genug bewegt, wobei er aber den Hinterleib beständig von einer Seite zur andern wirft.

Der Grund dieser allgemeinen Bemerkung des Fabricius ist folgender. Je länger der Hinterfuß

sätze des ersten und der Dorn-Fortsatz des zweiten Nackenwirbels bilden. Diese Fortsätze sind bei der Hyäne sehr groß, wenigstens größer, als bei anderen Raubthieren.

Wesling beschreibt in seiner Anatomie der Hyäne zwei flügelförmige Fortsätze zur Seite des ersten Halswirbels, die länger und breiter als die Seiten-Fortsätze dieses Wirbels beim Wolfe sind. Dies hält Wesling für den Grund, warum die Hyäne ihren Hals nicht gut zu den Seiten und nach hinten drehen kann. Eine ähnliche Ursache erzeugt beim Wolfe eine ähnliche Beschwerde. (Abschn. I. §. XII.)

eines vierfüßigen Thiers ist, desto weniger vortheilhaft wird der Antrieb, den derselbe im Gange durch die kreisförmige Bewegung um seine Spitze giebt, gegen den Rumpf gerichtet, desto stärker aber muß zugleich das Wanken des Körpers zur Seite seyn, wodurch eine verhältnißmäßige Verzögerung hervor gebracht wird. [43])

XVII.

Die verschiedenen Stellungen der Gliedmaßen gegen den Körper haben auf die Verschiedenheit der Bewegungen vierfüßiger Thiere einen bedeutenden Einfluß.

Vergleicht man die Eidexen mit andern Thieren, so liegen die vier Beine, die an den Seiten des Körpers eingelenkt sind, in Flächen, die fast völlig senkrecht auf die Axe des Rückgraths stoßen. Vermöge dieses Baues bewegen sich diese Thiere nur mit beschleunigten Schritten; [44]) niemals im Galopp, oder auf eine andere Art, wobei sie ihren Körper von der Erde erheben.

Je mehr sich nämlich die Richtung des Antriebes der Hinterbeine der senkrechten Linie nähert, desto weniger sind sie im Stande, den Körper zu erheben. Außerdem scheint auch der Körper dieser Thiere zu lang

43) Vergl. Abschn. II. §. XII.

44) Die mittlere Bewegung nach vorn, die die wechselseitigen Antriebe der Hinterbeine den Eidexen geben, wird bei einigen Arten sehr schnell wiederhohlt und ist also sehr geschwind, z. B. bei der Lacerta agilis Linn. und bei der Lacerta velox Pall. Die letztere hat einen pfeilschnellen Lauf.

Digitized by Google

zu seyn, um durch die zu schwache Action ihrer Hinterbeine empor gehoben werden zu können.

Panarolus hat bemerkt, daß, wenn das Kamäleon im Gange die Beine der linken Seite einander nähert, es die Beine auf der rechten Seite sehr weit von einander entfernt, und umgekehrt. [45]) Dies giebt den fortschreitenden Bewegungen dieses Thiers, die mit einer gewissen Biegung des ganzen Körpers vollbracht werden, etwas Possierliches.

Diese Sonderbarkeit hängt meines Erachtens davon ab, daß die Beckenknochen beim Kamäleon mit dem Kreuzbeine nicht fest zusammen hängen, wie Perrault bemerkt hat: ihre Verbindung muß eine Art von Articulation seyn, die durch Bänder bewirkt wird.

Die Hinterbeine, die durch das Becken den vornehmsten Antrieb dem Körper beim Gehn mittheilen, können diese Wirkung im Kamäleon desto vollkommener

45) Meines Erachtens wird die verschiedene Stellung der Beine durch die Ungleichheit der Zehen vorzüglich gesichert. An den Vorderbeinen stehn zwei nach außen und drei nach innen, an den Hinterbeinen drei nach außen und zwei nach innen. Man sehe die Abbildungen von Perrault.

Der Nutzen dieser Lage der Zehen scheint mir darin zu bestehn, daß die Vorderbeine des Thiers ihre Plattfüße nach innen unter den Körper, die Hinterbeine aber dieselben nach außen treiben. Da also die Vorderbeine eine größere Anzahl von Zehen nach innen, die Hinterbeine aber nach außen haben; so muß dadurch die Fixation mehr begünstigt werden.

Digitized by Google

erzeugen, je mehr sich das wankende Becken und das dasselbe bewegende Bein in gerader Linie nach dem Rumpfe richten.

Aus dieser Ursache setzt das Kamäleon z. B. mit dem rechten Vorderfuße zugleich den linken Hinterfuß vor, oder nähert jenen dem letztern wenigstens: zugleich aber wirft es das rechte Hinterbein nach hinten. Dergestalt behält das Becken nicht mehr seine Queerlage, sondern es liegt sehr schief gegen den Rumpf, und fast in gleicher Linie mit demselben: es bekommt also in der Folge einen besser gerichteten Antrieb vom rechten Hinterbeine, welches den Körper nach vorn treibt.

Der Anstoß dieses Beins kann nur dann so vollkommen nach der Axe des Rumpfes gerichtet werden, wenn dieser sich um die beiden vereinigten Stützen, die ihm die beiden Füße der linken Seite darbieten, etwas herum dreht. Daraus folgt, daß das Kamäleon desto weniger vorwärts kommt, und also auf der Erde nur einen langsamen Gang hat.

Panarolus behauptet, daß das Kamäleon dagegen mit so schnellen Schritten auf den Bäumen herum klettere, daß es zu fliegen scheine. Linné wiederhohlt diese Behauptung. Und doch scheint es, daß dieses Thier auch auf den Bäumen gewöhnlich mit viel langsamern Schritten herum klettert: denn die Araber sagen: das Kamäleon erklimme die Bäume mit aufgehaltenen und gleichsam bedenklichen Schritten, als ob es auf Dornen gehe.

Digitized by Google

XVIII.

Ein besonderer Bau der Plattfüße kann auch einen beträchtlichen Einfluß auf die fortschreitenden Bewegungen eines vierfüßigen Thiers haben. Dies erhellet besonders aus dem Beispiele des Maulwurfs.

Im Gehn nämlich dreht dieses Thier seine Hinterfüße nach außen und seine Vorderfüße nach innen. Von dieser verschiedenen Drehung leite ich die Zickzacke her, die der Maulwurf im Laufen macht. Er kann nicht schnell laufen, und sein Körper erhält durch die wechselseitigen Antriebe seiner Vorder- und Hinterpfoten Seitenbewegungen, die nach entgegen gesetzten Richtungen gehn. Der Antrieb der Hinterbeine nämlich bringt Seitenbewegungen nach außen, und der Antrieb der Vorderbeine Seitenbewegungen nach innen hervor.

Der letztere Antrieb ist bei anderen Thieren nur sehr schwach, aber beim Maulwurfe vorzüglich mächtig, da seine Vorderpfoten so außerordentlich stark sind. 46)

XIX.

Die Schwäche der Streckmuskeln und die Verengung der Bänder, die die Gelenke der Beine umgeben,

46) Unter anderen Eigenheiten der Bildung in den Vorderpfoten des Maulwurfs, wodurch er vorzüglich fähig wird, in der Erde zu wühlen, bemerke ich auch eine, die man bis jetzt übersehen hat. Nämlich statt des Schulterblatts hat er zwischen dem walzenförmigen Knochen des Oberarms und dem Knochen des Unterarms einen breiten Knochen, an den sich die Muskeln der Vorderpfoten breit anlegen.

Digitized by Google

können in verschiedenen Gattungen vierfüßiger Thiere bis zu einem solchen Grade zunehmen, daß dadurch ganz sonderbare Erscheinungen beim Gange hervor gebracht werden.

Der Mangel an Kraft in den Muskeln der Beine erzeugt bei den Schaafen verkürzte und schwach unterstützte Schritte. [47])

Da diese Thiere wenig Kraft haben, die Biegung ihrer Gelenke zu fixiren und zu mäßigen, so neigen sie im Gehn ihre Beine gegen den Boden, und die letzteren sind mehr ausgedehnt als gebogen. Die Ochsen hingegen biegen im Fortschreiten ihre Fußgelenke sehr stark. [48])

Der Steifigkeit und besonderen Verengung derer Bänder, die die Fußgelenke bei Renn- und Elennthieren umgeben, schreibe ich das besondere knackende Geräusch zu, das man in diesen Gelenken vernimmt, wenn

47) Eine Art von Krampf, die man in Bengalen unter dem Nahmen Beriberié kennt, verursacht eine den Schaafen ähnliche Bewegung der Füße. Nictando genubus ac elevando causa, tanquam oves ingrediuntur, sagt Bontius (de medic. Indor., lib. III. c. 1.)

48) Das ist eigentlich die wahre Erklärung der Homerischen Ausdrücke, εἰλίποδες βόες und ταναύποδα μῆλα, (welche Voß unrichtig durch schwer hinwandelndes Hornvieh und hoch geschenkelte Schaafe giebt.) Es müßte eigentlich übersetzt werden: Rinder mit gebogenen Klauen und Schaafe mit gestreckten Klauen. Keiner der bisherigen Ausleger der Homerischen Gedichte hat diese Ausdrücke verstanden.

Digitized by Google

diese Thiere sich bewegen, und vorzüglich, wenn sie laufen oder ihre Schritte beschleunigen.

Hoffberg meint, dies Knacken komme davon her, weil das Rennthier die vorher getrennten Theile seines Plattfußes wieder vereinige. Barrington nimmt die letztere Erklärung an, und behauptet: das Rennthier dehne deßwegen seinen Plattfuß aus, damit es nicht in den Schnee einsinke: nachher aber sey ihm, besonders wenn es gegen den Wind gehe, diese Erweiterung des Fußes hinderlich; es ziehe daher die verschiedenen Theile desselben zusammen, und dadurch entstehe dieses Geräusch.

Nach Bomare's Bemerkung hört man bei einer leisen Berührung des Körpers des Rennthiers, wenn es fortschreitet, ein knackendes Geräusch, welches demjenigen ähnlich ist, das man bemerkt, wenn die Finger stark gezogen oder etwas gedreht werden. Die Erschütterung, die diese Berührung im Körper des Thiers erzeugt, kann diese Bewegung, die ihm gewöhnlich ist, um so mehr hervor bringen, da es sich alsdann ohne Zweifel stärker auf den Boden stützt. Immer aber bleibt noch die Frage zu beantworten übrig, was die eigentliche Ursache dieses Geräusches sey.

Ich glaube, daß es sich in der That mit dem Geräusche der stark gezerrten und gedreheten Finger vergleichen läßt, wenn es gleich viel lauter ist. Nun aber entsteht dieses Geräusch in den Fingern, so oft bei einer etwas gezwungenen Streckung oder Biegung der Gelenke eine solche Verschiebung der Phalangen in den veren-

Digitized by Google

gerten Gelenkhöhlen erfolgt, daß die diese Gelenke umgebenden Theile diese Verschiebung beschwerlich und mehr oder weniger geräuschvoll machen.

Die Steifigkeit oder Zusammenschnürung, die in den umgebenden Bändern der Fußgelenke des Elenn- und Rennthiers vorhanden ist, macht ohne Zweifel die Streckung und Biegung dieser Gelenke sehr eingeschränkt und fix. Hierdurch bekommen die Plattfüße dieser Thiere eine außerordentliche Stärke, die sich theils durch die Gewalt, womit sie auftreten können, theils dadurch zu erkennen giebt, daß sie ohne zu fallen mit der äußersten Geschwindigkeit auf dem Eise hinlaufen können.

Uebrigens ist so wohl in diesen als auch in einigen anderen Thieren die nützliche Einrichtung, daß die unteren Knochen der Beine von den verlängerten Sehnen ihrer bewegenden Muskeln wie von gespannten Saiten bedeckt werden. Diesen Bau bemerkt man überall bei den Thieren, die zur Gattung der Ziegen und Hirsche gehören. 49)

XX.

Bei verschiedenen Thieren nimmt man in ihrem Sprunge eine sonderbare Merkwürdigkeit wahr.

49) Die Dürre und Festigkeit der Beine der Hirsche und Rehe hat ohne Zweifel zu dem Beiwort *aeripes* und χαλκόπους Gelegenheit gegeben, welches diesen Thieren von allen alten Dichtern beigelegt wird. (*Bochart.* hierozoic, P. I. col. 882.)

Wenn das Lamm hüpft, so springt es mit seinen Hinterbeinen, und senkt zugleich seinen Kopf zur Erde. Dergestalt nähert sich der Schwerpunkt des Kopfes und Rumpfes den Hinterbeinen, die ihn im Sprunge nach oben und vorn treiben sollen; [50]) oder vielmehr, der Hebelarm, durch welchen der Kopf diesem Antriebe widersteht, wird sehr verkürzt.

Sparrman sagt, [51]) daß eine Antelopen-Art, (Duykerbock von den Holländern genannt,) im Laufen zugleich Sprünge macht: das heißt, wenn sich dies Thier erhebt, so richtet es seinen Kopf in die Höhe, und wenn es zurück fällt, so verbirgt es denselben zwischen seinen Beinen, wodurch es das Ansehen erhält, als ob es untertauche. Offenbar erleichtert es den Sprung in die Höhe durch die Aufrichtung des Kopfes: es verlängert nachher die Wirkung des Antriebes, wodurch es zum Sprunge gebracht ist, indem es den Kopf nicht über den Rumpf hinaus gestreckt läßt, sondern ihn demselben nähert.

Einen ähnlichen Nutzen muß man in der Drehung erkennen, die die Gemse um sich selbst macht, wenn

50) Aus eben dem Grunde erhebt der Esel viel leichter seinen Rumpf, wenn er mit den Hinterbeinen einen Sprung machen will, um seinen Reiter abzuwerfen. Er senkt nämlich den Kopf zwischen die Beine, krümmt seinen Rücken in die Höhe und wirft seinen Körper, von den Vorderbeinen unterstützt, in die Höhe.

51) Voyage au Cap, Tom. III. p. 116.

Digitized by Google

sie von einem Felsen zum anderen springt und gleichsam zurück prallt. [52])

Bei beträchtlichen Sprüngen einer anderen Antelope, des Springbocks, bemerkte Sparrman, [53]) daß die Beine derselben bisweilen sehr nahe zusammen stehn, indem der Rücken nach oben gekrümmt und der Kopf niedergesenkt ist. Zu anderen Zeiten ist ihr Rücken nach unten gekrümmt, der Bauch hängt herab, der Nacken und Hinterleib sind einander sehr genähert, und die Vorderbeine sind so weit als möglich von den Hinterbeinen entfernt. Den Nutzen der ersten dieser Stellungen habe ich eben angezeigt. Die letztere dient augenscheinlich dazu, die niedrigeren Sprünge, die aber den Körper weiter nach vorn werfen, zu begünstigen.

XXI.

Zum Schlusse dieses Abschnitts will ich eine allgemeine Bemerkung machen, die die wichtigsten Untersuchungen veranlassen kann.

Bei einer großen Anzahl von Thieren nämlich kann man aufs deutlichste erkennen, daß die gewohnten Neigungen ihres Willens von den Modificationen, die der besondere Bau ihres Körpers ihren Bewegungen giebt, Eindrücke erhalten.

52) Collectosque ruens ibex revolutus in artus
se lapidum rotat in morem.
(*Vanière* praed. ruſtic., lib. XVI.)

53) Tom. II. p. 293.

Die vorzüglichsten Beispiele, um diese Behauptung zu beweisen, nehme ich von der Oekonomie der nordischen Wander-Ratze her.

Bei den Wanderungen dieser Thiere, wo sie immer in unglaublich großen Herden vereinigt sind, bemerkt man, daß sich ihr Marsch immer genau nach einer geraden Linie richtet. Linné erzählt, [54]) daß, wenn sie auf ihrem Wege etwa eine Steinmasse finden, über welche sie nicht hin können, sie dieselbe zwar in einem halben Kreise umgehen, aber nachher genau wieder in der abgebrochenen geraden Linie fortfahren. Ohne Zweifel hängt zum Theil dieser Instinkt, in geraden Linien zu wandern, davon ab, daß diese Thiere immer truppweise gehn: sie würden sich also bei jeder anderen Richtung einander hinderlich seyn.

So verfolgen auch die Erdkrabben, die haufenweise wandern, ihren Weg in schnurgerader Richtung: sie suchen selbst die Mauern und alle übrige Gegenstände, die sich ihnen widersetzen, zu übersteigen. Diese Wirkung des Instinkts ist bei diesen Krabben um so merkwürdiger, da sie eben so gut rückwärts und zur Seite als vorwärts gehen können: dies Vermögen hängt von den verschiedenen Richtungen der Gelenkverbindungen des Körpers mit den Füßen und der Theile eines jeden Fußes unter einander ab.

54) Kongl. Vetensk. Academiens Handlingar, vol. I. p. 322. Die Araber haben schon der Ratze den Nahmen: Om Raschad, mater rectae lineae, gegeben.

Vorzüglich ausgezeichnet aber ist dieser Instinkt, sich in schnurgerader Linie zu bewegen, bei der nordischen Wander-Ratze, weil die Form ihres Körpers sie hindert, ihre erste Richtung zu verändern. Der Vordertheil ihres Körpers läuft nämlich spitz zu. Die Vorderbeine sind sehr kurz, und haben nur eine geringe Seitenbewegung, und in den Hinterbeinen ist der Schenkelknochen durch einen dreifachen Kopf in die Pfanne der Beckenknochen eingelenkt.

Dies Thier kann also nur dann um einen Felsen herum kommen, und in der vorigen Richtung seinen Weg verfolgen, wenn das Princip, welches die willkührlichen Bewegungen hervor bringt und die Entfernung oder die Verhältnisse der Lage erkennt, einen Eindruck von den Modificationen erhält, die die eigenthümlichen Formen des Körpers seinen Bewegungen geben.

XXII.

Ich komme zu bekannteren Beispielen, welche die Verwandtschaft der geistigen Eindrücke mit den Formen und Bewegungen des Körpers bei verschiedenen Thieren beweisen.

Der Kirchenvater Basilius [55]) ist unstreitig einer der ersten, die diese wichtige Betrachtung angestellt haben. Er bemerkt, daß der Körper des Panthers, in Rücksicht der Biegsamkeit und Leichtigkeit

55) Opp., ed. Basil. p. 73.

seines Baues, mit der Schnelligkeit und dem Ungestüm der Bewegungen überein komme, die sein Instinkt veranlaßt; dagegen der schwere, dicke und unbehülfliche Körper des Bären der Natur dieses Thiers entspreche.

Nach Büffon zeichnet sich der unbeständige Charakter der Ziege durch die Unregelmäßigkeit ihrer sehr lebhaften und gleichsam eigensinnigen Bewegungen aus. Er sagt, die Bewegungen dieses Thiers haben keinen anderen Bestimmungsgrund, als die seltsame Lebhaftigkeit seiner Empfindungen. Dieser Instinkt, der die Bewegungen der Ziege erzeugt, scheint indessen großen Theils von der Beweglichkeit ihrer Beine und von anderen Bedingungen des Baues ihres Körpers abzuhangen, wodurch sie so behende und flüchtig wird. Dasselbe kann man von den Gemsen und Antelopen behaupten.

Nach dem, was ich oben gesagt habe, muß eine zu beträchtliche Länge des Körpers im Verhältnisse gegen die Beine, die ihn tragen, das Stehen eines vierfüßigen Thiers sehr erschweren: es muß folglich entweder seine fortschreitende Bewegungen unaufhörlich wiederhohlen, oder den Körper zur Ruhe zwingen.

Dieser scheinbare Nachtheil des Baues findet sich im hohen Grade beim Hausmarder, der vielmehr hüpft und springt, als daß er gehn sollte, wie auch beim Wiesel, welches nur immer mit ungleichen und hastigen Sprüngen hüpft.

Digitized by Google

Dies scheint mir die vorzüglichste Ursache zu seyn, die die erstaunliche Hastigkeit und Unbequemlichkeit der Bewegungen hervor bringt, von welcher diese Thiere gequält werden. Im wachenden Zustande dergestalt beständig ermüdet, genießen sie einen viel längeren Schlaf als andere Thiere: das Wiesel bringt drei Viertheile des Tages mit Schlafen zu, und der Marder schläft bisweilen zwei Tage hinter einander.

Zu diesen Thieren könnte man noch den Fuchs, dies wegen seiner List so berühmte Thier, zählen, dessen Gang und Lauf allezeit in mancherlei Krümmungen und Windungen gerichtet sind, wie Nonius und Isidor es schon bemerkt haben.

Aus diesen und ähnlichen Beobachtungen geht sehr natürlich der allgemeine Schluß, nicht mehr bloße Vermuthung, hervor, daß die gewohnte Neigung der Seele auf dem wesentlichen Verhältnisse beruht, welches die Natur derselben mit den Formen der Organe hat, und daß sie von der innigen Mitleidenschaft entspringt, die die Uebung ihrer Kräfte mit den Verrichtungen des lebenden Körpers vereinigt.

Digitized by Google

Vierter Abschnitt.

Von dem Kriechen.

In den vorigen Abschnitten habe ich von den fortschreitenden Bewegungen des Menschen und der vierfüßigen Thiere gehandelt. Um diesem Werke mehr Vollständigkeit zu geben, werde ich in diesem Abschnitte vom Kriechen, und in den beiden folgenden vom Schwimmen und Fliegen handeln.

I.

Bei einigen Amphibien scheinen die fortschreitenden Bewegungen auf der Erde in der Mitte zu stehn zwischen dem Fortschreiten vierfüßiger und eigentlich kriechender Thiere. Dies will ich dadurch begreiflich machen, daß ich das Fortschreiten derer Thiere beschreibe, die man bis jetzt nicht genau genug beobachtet hat. Ich wähle die Robbe als Beispiel.

Bewegt sich dies Thier auf der Erde, so hebt es sich zuvörderst und stützt sich auf seine beiden Vorderfüße: dann treibt es seinen Körper nach vorn durch die Action der Vorderfüße, die sich noch mehr in die Höhe richten, und durch die Wirkung der Hinterbeine. [1]) Wenn ein Theil seines Körpers auf diese Art vorgeworfen, und dann nach vorn fixirt wird, so biegt die Robbe diesen Theil, und zieht die Wirbelsäule mit

1) Diese Wirkung ist schwach, und wird auf die Weise gerichtet, daß sie nicht allein hinreicht, um die Wirbelsäule zu krümmen. (Abschn. I. §. XI.)

Digitized by Google

großer Kraft zurück. Diese zieht alsdann die Füße und den ganzen Hinterleib nach sich, und macht, daß sie an der Erde wegstreifen. [2]) Ist der hintere Theil des so gebogenen Körpers fixirt, so streckt und erhebt die Robbe die Wirbelsäule durch ihre Streckmuskeln. Dadurch wird der Vorderleib um so mehr verlängert und aufgerichtet, da er alsdann aufhört sich mit den Vorderfüßen gegen die Erde zu stemmen. [3]) Endlich läßt die Robbe den so verlängerten Vordertheil des Körpers, gehörig unterstützt, wieder zur Erde fallen, und setzt die fortschreitende Bewegung fort, indem sie dieselben Bewegungen nach derselben Ordnung wiederhohlt.

Diese erklärende Beschreibung der Bewegungen der Robbe erläutert und berichtigt das, was Dam-

2) Noch auffallender bemerkt man diese Bewegung beim Seebären. Dies Thier macht tiefe Furchen im Sande: dieser würde sich unter seinem Bauche anhäufen und das Fortkommen hindern, wenn das Thier sich nicht schlangenartig fortwände. (*Steller* nov. comment. Petropol., tom. II. p. 337.)

3) Steller sagt, (l. c. p. 356.) der Seebär bewege sich, wenn er die Felsen erklettere, mit ausnehmender Geschwindigkeit, indem er den Rücken krümme und den Kopf niedersenke, um, wie er meint, seinem Körper mehr Federkraft mitzutheilen. Aber der wahre Nutzen dieser gesenkten Lage des Kopfes besteht darin, daß er alsdann desto bequemer nach vorn getrieben werden kann, wenn sich die Vorderbeine aufrichten und der Rückgrath gestreckt wird.

Digitized by Google

pier [4]) und Steller [5]) darüber, obgleich unvollständig, gesagt haben.

II.

Die Chalcide ist ein Thier, welches in der Mitte zwischen den Schlangen und Eidexen steht, wie Gronovius bemerkt hat. Die Gestalt des Körpers ist der Schlange vollkommen ähnlich: sie hat vier kleine kurze und schwache Pfoten; die vorderen stehen sehr weit von den hinteren ab.

La Cepède beschreibt eins dieser Thiere. Der Körper und der Schwanz sind von kreisförmigen Ringen bekleidet, die durch Furchen von einander unterschieden sind. Nach seiner Versicherung hat dies Thier auch keine Oeffnungen für die Ohren: doch verdient diese Behauptung näher geprüft zu werden; denn Bloch fand diese Oeffnungen in einem ähnlichen Thiere, dem Linné sie abgesprochen, und dasselbe folglich zu den Schlangen unter dem Nahmen: anguis quadrupes, gezählt hatte.

Borelli [6]) beschreibt schon eine kleine vierfüßige Schlange, deren Vorderfüße am Halse, und deren Hinterfüße am Anfange des Schwanzes standen. Er versichert, sie in der Gegend von Montpellier gefunden zu haben, und noch wird sie, nach Sauvage's Versicherung, [7]) dort angetroffen.

4) Voyage autour du monde, tom. I. p. 97.
5) Beschreibung von Kamtschatka, S. 109.
6) Cent. II. obs. 15.
7) Dictionn. Languedocien, art. Nadiouel.

Bloch beschreibt ein ähnliches Thier, welches er Schleich-Eidexe, lacerta serpens, nennt. [8]) Dies Thier hat vier schwache Füße; die beiden hinteren sind indessen stärker, und bestehn aus mehreren Gelenken.

Bloch glaubt, daß diese Füße dem Thiere bloß anstatt der Haken dienen, um vermittelst derselben die Felsen zu erklettern, und sich dort fest zu hängen, wenn es verfolgt wird. Wahrscheinlicher ist es mir aber, daß die Füße diesem Geschöpfe zu einer fortschreitenden Bewegung dienen, die die Mitte hält zwischen den Bewegungen der vierfüßigen Thiere und der Gewürme.

III.

Wenn Thiere kriechen, so schleppen sie sich eigentlich vermöge einer wellenförmigen Bewegung fort, die wechselsweise verschiedene Theile ihres Körpers einander nähert oder entfernt.

Die Wellen, die durch dies Kriechen entstehn, sind entweder horizontal oder vertical. Ihre Ausdehnung ist viel geringer bei Thieren von einem weichen Baue, als bei Schlangen, deren Wirbelsäule so lang ist wie ihr Körper.

Ich will eine genaue Erklärung von den fortschreitenden Bewegungen der Raupe und des Regenwurms geben: dies wird hinreichen, um darnach auch die Theorie der Bewegungen der übrigen weichen Gewürme zu bilden.

8) Beschäftig. der Berlin. Gesellschaft Naturforsch. Freunde, Th. II. S. 28.

Digitized by Google

Die Raupen haben knorplige Vorderfüße, die zur Bewegung ihres Vorderleibes dienen: aber der ganze übrige Körper kann von ihren Zwischen- und Hinterbeinen nicht fortbewegt werden, sondern sie müssen ihn nachschleppen.

Die Hinterbeine sind nämlich häutig, sie bilden bloße Stützen, und werden nur bei der fortschreitenden Bewegung derer Theile des Körpers, mit welchen sie zusammen hangen, gehoben. 9)

Die Schritte, die diese häutige Beine thun, bezeichnen bloß das Fortschreiten der Raupen. Hervor gebracht wird das letztere durch eine wellenförmige Bewegung des Körpers selbst. Die letztere hat Weiß beobachtet, und beschreibt sie auf folgende Art. 10)

Die Raupen ziehn zuerst ihren Hinterleib an, und krümmen ihn in Form eines Buckels, indem sie zwei oder drei Ringe unten verengen, und dergestalt den Hintertheil vom Boden entfernen. Vermöge dieser Action macht das hinterste Paar Beine einen Schritt und klammert sich an: jene Aufblähung des oberen Theils des Körpers schleicht sich in einer Reihe wellenförmiger Bewegungen längs des Körpers bis nach dem Kopfe

9) Malpighi hat wahrscheinlich die außerordentliche Schwäche der Zwischen- und Hinterbeine des Seidenwurms und die eingeschränkten Bewegungen derselben nicht bemerkt, wenn er von dem Antriebe spricht, den sie dem Körper mittheilen, wodurch die Ringe des Körpers verrückt und die fortschreitende Bewegung hervor gebracht wird.

10) Act. helvet., vol. III. p. 378.

Digitized by Google

fort. So wie also die Aufblähung sich fortpflanzt, so kann jedes Paar Beine, sie mögen nun häutig oder knorplig seyn, vorrücken, und sich in einer neuen Entfernung anklammern. Endlich kann auch der Kopf vorwärts bewegt werden, indem er seine verengten Ringe erweitert. Es reicht indessen zur Erklärung des Fortschreitens der Raupen auf keine Weise hin, daß man bloß die Bewegung ihrer Beine betrachtet, da die häutigen Beine nur zur Fixation derer Ringe dienen, mit welchen sie verbunden sind. Es ist daher nothwendig, daß man die Entstehung jener wellenförmigen Bewegung erkläre, wo sich eine Reihe von Bogen nach der anderen im Körper der Raupe bildet.

Um diese wellenförmige Bewegung zu erläutern, nimmt Weiß bloß an, daß die Ringe der Raupe wechselsweise verengt und erweitert werden. [11]) Ohne Zweifel soll dies nur sagen, daß die Ringe durch die Action der Zwischenmuskeln wechselsweise einander genähert und von einander entfernt werden. Aber auch diese Erklärung ist offenbar unzureichend.

In der That lehrt sie uns nichts über die Ursache der fortschreitenden Bewegung der Raupe: man mag

11) Um diese Erklärung zu begreifen, muß man merken, daß er die Zusammenziehung und Erweiterung dieser Ringe nicht in Absicht ihres Durchmessers, sondern nur von der Breite derselben versteht. In dem letzteren Sinne werden die Ringe verengt, wenn sie in dem ersteren erweitert werden. Dies hat aber Weiß nicht zuvor ausdrücklich angegeben, und daher entsteht eine Dunkelheit in seiner Erklärung.

Digitized by Google

nun die Form und Lage derer Muskelfaſern, durch deren Zuſammenziehung die benachbarten Ringe verengt werden, noch ſo verſchieden annehmen; man mag ſelbſt über die Ordnung, in welcher die Bewegungen der Muskelfaſern an den Beinen, wodurch die Ringe fixirt, aber nicht fortbewegt werden, auf einander folgen, noch ſo viele Vermuthungen wagen. Nach der Erklärung, die Weiß giebt, begreift man nicht, warum die Erſchlaffung der Muskelfaſern, welche unmittelbar auf ihre Zuſammenziehung folgt und ihre natürliche Ausdehnung wieder herſtellt, nicht die benachbarten Ringe von einander entfernt, da ſie durch die Zuſammenziehung dieſer Faſern vorher einander genähert waren.

IV.

Um die wellenförmigen Bewegungen beim Fortſchreiten der Raupen zu erklären, muß man auf die Ringe, in welche ihr Körper durch tiefe Einſchnitte eingetheilt iſt, Rückſicht nehmen. [12]) Man muß erſtlich

12) Plinius beſchreibt (lib. XI. c. 1.) dieſe Einſchnitte ſehr richtig: inciſuras, quae praecincta praeparant membra, tenui modo fiſtula cohaerentia, und ferner: aliquibus vero non tota inciſura cum ambeunte ruga, ſed in alvo, aut, ſuperne tantum, imbricatis flexili vertebris. Denn ſo muß man mit Turnebus und Hardouin leſen. Sivry bemerkt ſehr richtig, daß weder Hardouin noch andere Gelehrte dieſe Stellen des Plinius verſtanden haben; er ſchlägt eine andere Leſeart vor, und überſetzt die Worte doch nicht richtig.

Digitized by Google

untersuchen, wie die Raupen gegen irgend eine Seite ihres Körpers einen dieser Ringe über einen benachbarten biegen können, den sie vermittelst ihrer Füße mehr fixirt haben.

Man hat diese Biegungen bisher auf sehr unbestimmte Art der Action der Muskeln zugeschrieben, die unter der Haut der Raupen liegen. Aber niemand, selbst Réaumur nicht, hat ihren Mechanismus gekannt: auch der berühmte Lyonnet, der mit bewundernswürdiger Kunst eine unendliche Menge von Muskeln der Raupe dargestellt hat, sagt über diesen Mechanismus nichts. [13])

Offenbar erkennt man die Action der Beugemuskeln bei denen Thieren, deren Muskeln sich an Knochen oder Knorpel ansetzen. Aber man sieht auf keine Weise ein, wie bei den Raupen und weichen Würmern die Muskeln, die allein an eine zarte Haut sich ansetzen, dazu beitragen können, daß diese Ringe sich gegen einander neigen, oder sich seitwärts über einander, nach oben, nach unten und nach allen Richtungen bewegen, da sie eigentlich nur die Oberfläche der Ringe, wo sie liegen, gegen diesen oder jenen Punkt, der in Verhält-

Mir scheint der wahre Sinn dieser zu sein: „Bei „einigen Insecten geht der Einschnitt nicht rings um den „Leib in Form einer Falte, sondern unter den Bauch, und „oben sind die Einschnitte besonders ausgezeichnet, indem „sich dort die Ringe, wie die Fäden der Leinwand, kreuzen."

13) Traité anatomique de la Chenille, qui ronge le bois de saule.

niß fixer ist, verkürzen, oder sie allezeit nach Richtungen, die mit der Grundfläche parallel laufe, zusammen ziehen sollten.

V.

Mir scheint dieses Problem folgender Maßen aufgelöset werden zu können.

Alle Muskeln der Raupe liegen in unterschiedenen Bündeln, deren jeder die Haut eines Ringes bekleidet, und die durch die Eintheilung dieser Ringe von einander getrennt sind. Man kann diese Einschnitte selbst als Falten der nach innen gebogenen Haut betrachten, die durch die ursprünglichen und wiederhohlten Zusammenziehungen dieser verschiedenen Muskelbündel entstanden sind.

Man betrachte nun zwei zusammen hängende Ringe im Körper der Raupe, deren einer durch seine Muskeln auf den Füßen fixirt, der andere aber viel beweglicher ist. Ich glaube, daß man auf folgende Art sich wird deutlich machen können, wie der bewegliche Ring nach allen Seiten über den fixen gebogen werden kann.

Die eigenthümlichen Muskeln des beweglichen Ringes setzen sich von beiden Seiten an die kreisförmigen Erhöhungen, die die Haut am Ende dieser Ringe bildet. [14]) Wenn diese Muskeln sich alle zugleich zu-

14) Nur auf diese Art hangen sie mit der Haut zusammen, da sie sonst, nach Réaumur's Beobachtung, wie gespannte Saiten über der Haut liegen. (Mém. pour servir à l'hist. des insectes, tom. I. p. 164.)

Digitized by Google

sammen ziehen, so ziehn sie die beweglichere Erhöhung der Haut gegen den fixeren Rand, weil die Muskeln des letzteren Ringes den beweglicheren spannen und zurück ziehn.

Die Action aller dieser Muskelsaiten bewirkt eine Anziehung des beweglicheren Randes ihres Ringes, drückt den Körper desselben zusammen, und befestigt ihn dergestalt auf dem fixen Ringe. Wird der bewegliche Ring auf diese Art zusammen gedrückt, und so viel als möglich auf seiner Grundfläche fixirt, so widersteht er nach der Richtung seiner Länge durchaus der fortgesetzten Wirkung dieser Muskelsaiten der Haut.

Wenn dann diese Muskelsaiten stärker auf der einen Seite des beweglichen Ringes zusammen gezogen werden, als die anderen Muskeln dieses Ringes, so ziehn sie den beweglichen Rand des Ringes mit Gewalt an. Aber sie können ihn nur in so fern fortbewegen, als er den Körper des Ringes, zu dem er gehört, gegen diese Seite fortzieht und nach dieser Richtung auf seiner Grundfläche biegt.

Auf diese Weise kann bei den Raupen ein beweglicher Ring über einen fixirten nach allen Richtungen gebogen werden, nachdem die Action der verschiedenen Muskeln dieses beweglichen Ringes, welche man mit Lyonet in die Bauch-, Rücken- und Seitenmuskeln eintheilen kann, vorwaltet.

Diejenigen Muskeln, die sich mit überwiegender Kraft zusammen ziehn, können in ihrer Action durch

eine große Menge anderer Muskeln unterstützt werden, die ihnen zur Seite liegen. [15])

Zwischen einem jeden Ringe bildet die Haut eine kreisförmige Falte, die eine Art von Gelenk vorstellt und die Biegung eines jeden Ringes über seinen Nachbar erleichtert. Wenn die Haut von ihren Muskeln entblößt ist, so erscheinen diese Stellen in derselben wie deutliche Furchen. In diesen Furchen liegen Muskeln, die Lyonet zwar beschrieben, [16]) deren Bestimmung aber er nicht gekannt hat. Ich sehe sie als wahre Zwischengelenk-Muskeln an, die denen ähnlich sind, welche Winslow mit diesem Nahmen bezeichnet hat: sie hindern die Verletzung der Haut, wenn ein Ring über den anderen gebogen wird.

VI.

Da ich auf diese Weise die verschiedene Biegung der Ringe in dem Körper der Raupe erklärt habe; so wage ich mich jetzt an den Mechanismus der wellenförmigen Bewegung, wodurch hauptsächlich das Fortschreiten der Raupen bewirkt wird.

15) Eine relative tonische Kraft, die bald in den Seiten-, bald in den Rückenmuskeln größer ist, scheint mir die offenbare Ursache der sonderbaren Stellung zu seyn, die verschiedene Raupen annehmen, wenn sie ruhen. Die eine hat beständig den Kopf an die eine Seite des Körpers gedrückt: die andere hält den Kopf an die ersten Ringe beständig rücklings über gebogen. (Mém. de *Réaumur*, tom. II. p. 259.

16) Pl. VII. fig. 5. R. Q. Pl. VIII. fig. 6. t. x.

Digitized by Google

Bei dieser Bewegung wird anfangs ein Theil des Vorderleibes von den Beinen unterstützt und fixirt: die nächsten Ringe werden nach und nach in die Höhe und vorwärts getrieben, oder mit besonderer Stärke durch ihre Streck- oder Rückenmuskeln auf einander in die Höhe gerichtet.

Hierdurch werden die folgenden Ringe nebst dem Hinterleibe fortgezogen, und an den ersten Ringen, wie in einem Winkel oder Bogen, gleichsam aufgehängt. Bei den Spannenraupen macht alsdann der Körper nur Einen, bei anderen Raupen aber mehrere Bogen. Die Krümmung dieser Bogen kann übrigens durch die Action der Bauchmuskeln, die die Ringe biegen, verschiedentlich verändert werden.

Das hintere Ende eines jeden dieser Bogen wird nachher ebenfalls fixirt, da sein vorderes Ende erschlafft ist, und so wird wechselsweise die relative Fixität der Stellen, wo sich die Muskeln an jeden Ring anlegen, verändert. Die hintersten Ringe dieses Bogens, und dann auch die übrigen, werden durch ihre Bauch- oder Beugemuskeln nach unten gezogen; und zwar geschieht dies mit einer Kraft, die nothwendig den Vorderleib, der auf dem Boden ruht, forttreibt.

Durch diese wellenförmige Bewegung werden allmählig die hinteren und Zwischenbeine der Raupe vorgesetzt. Ungeachtet man dies, nach den Beobachtungen von Weiß, zugeben muß, so läßt sich doch nicht annehmen, daß der Körper durch diese bloß häutigen Hinterbeine vorwärts getrieben, und nach den Vorder-

beinen gezogen werde, wie Malpighi von dem Seidenwurme, und Réaumur von allen Raupen behauptet. [17])

Die wellenförmigen Bewegungen können um so leichter verlängert werden, je mehr Muskeln die Raupe besitzt, welche nicht auf einen einzelen Ring eingeschränkt sind, sondern die sich auf zwei benachbarte Ringe erstrecken, wie Malpighi, Réaumur und Lyonet bemerkt haben. Dazu kommt, daß alle Rückenmuskeln und alle Bauchmuskeln unter sich zusammen hängen, wie Lyonet angiebt.

VII.

Aus dem, was (§. V.) gesagt worden, läßt sich erklären, wie, wenn ein Theil des Körpers der Raupe auf den Beinen fest steht, der Ring, der in der Nähe dieses Theils liegt, gegen denselben, durch die Action der Muskeln, nach einer jeden Richtung geneigt werden kann.

Wenn die Biegung dieses Ringes nach oben geht, und er in der Folge in einer gewissen Höhe aufgehalten wird; so dient er als fester Unterstützungspunkt für die Muskeln, die gleichfalls einen beweglicheren benachbarten Ring wieder in die Höhe richten können.

Wenn verschiedene Ringe nach einander auf diese Weise in die Höhe gerichtet und in gerader Linie erhal-

17) Selbst von den Feldmessern, wenn sie sich wie andere Raupen bewegen. (Mém. de *Réaumur*, tom. II. p. 360)

Digitized by Google

ten werden; so entsteht daraus die Stellung, die die Spannraupen annehmen, wenn sie ihren Körper, so steif wie einen Stab, in allen Richtungen erhalten. [18])

Diese Art von Raupen kann auch ihren Körper in einer krummen Linie, oder so richten, daß er mehrere Biegungen macht, nachdem die Action ihrer Rückenmuskeln über die Wirkung ihrer Bauchmuskeln, oder diese über jene obwaltet. [19])

Es giebt Raupen, die sich in einem Zickzack biegen können, indem sie verschiedenen Theilen ihres Körpers wechselseitige Biegungen nach entgegen gesetzten Richtungen geben, je nachdem die Action der Rücken- oder der Bauchmuskeln hervor sticht. [20])

Die Biegungen des Körpers, die gewisse Raupen annehmen, scheinen in einem Theile mehr als in dem anderen, entweder durch die hervor springenden Falten einer verdickten Haut zu den Seiten der Ringe, [21]) oder durch fleischige Hervorragungen auf dem Rücken oder unter dem Bauche, da, wo die Spitzen der Winkel

18) Mém. de *Réaumur*, tom. II. p. 360. Pl. XXVII. fig. 15. Pl. XXIX. fig. 6. 7. — Rösel's Insecten-Belustigungen, Th. I. Kl. III. Papil. nocturn. tab. I. fig. 1.

19) *Réaumur* l. c. Pl. XXIX. fig. 19. — Rösel a. a. O., fig. 2.

20) *Réaumur* l. c. p. 262. Pl. XXII. fig. 9—10. Pl. XXVII. fig. 18.

21) Wie bei den Weidenraupen, von denen Réaumur l. c. p. 266—274. Pl. XXI. XXII. und Rösel Cl. II. tab. XIX. XX. sprechen.

Digitized by Google

dieser gewohnten Biegungen sind, [22]) hervor gebracht zu werden.

Wahrscheinlich geben diese hervor springende Falten der Haut und diese kammförmige Fleischwarzen den antagonisirenden Muskeln vortheilhaftere Ursprünge und Richtungen, da diese Muskeln die vorwaltende Wirkung derjenigen modificiren sollen, die den vorderen Theil des Körpers nach oben oder nach unten biegen.

Mit Réaumur [23]) muß man die erstaunliche Kraft bewundern, womit diese Raupen, ungeachtet der Unterstützungspunkt sehr nahe an ihrem Hinterleibe liegt, ihren ganzen, in Verhältniß sehr langen Leib aufrichten, und in allen Graden der Höhe erhalten, womit sie ihn, dergestalt aufgerichtet, nach verschiedenen Richtungen drehen und biegen; womit sie endlich das eine Ende ihres Körpers, selbst wenn es wechselsweise nach verschiedenen Richtungen gebogen ist, oder herab hängt, dem anderen fixen Ende nähern. [24])

Man hat bemerkt, daß die erstaunenswürdigen Stellungen der Raupen noch nach ihrem Tode fortdauern. Ohne Zweifel ist ein solcher Tod plötzlich und unter Zuckungen erfolgt, die durch eine außerordentliche und dauernde Steifigkeit der Muskeln diese Fixa-

22) *Réaumur*, Pl. XXII. XXVII.

23) L. c. p. 360. tom. I. p. 72. — Rösel tab. IX. fig. 2. auch Cl. III. Suppl. Th. III. tab. XIV. fig. 1. 2.

24) Es ist dies ein eben so großes Wunder der Natur, als die Kraft, womit der Floh und andere Insecten ihre ungemein große Sprünge machen. (Abschn. II. §. XXXI)

Digitized by Google

tion der Ringe zurück gelassen haben. Dies stimmt mit der ausnehmenden Steifheit der Glieder überein, die Morgagni und andere in Leichnamen bemerkt haben. [25])

VIII.

Man sieht leicht ein, daß die Würmer, deren Körper ebenfalls geringelt ist, [26]) auch nach Art der Raupen, verschiedene wellenförmige Bewegungen des Körpers beim Kriechen hervor bringen.

Um diese wellenförmige Bewegungen zu erzeugen, fixiren sie allezeit zuerst den vorderen oder mittleren Theil des Leibes, [27]) ihr Körper mag nun unmittelbar vor dem Fortschreiten entweder verlängert oder verkürzt seyn: nachher richten sie die hinteren Ringe, die diesem fixirten Theile am nächsten stehn, in die Höhe.

Der Wurm kann, durch Hülfe seiner hakenförmig gekrümmten Füße oder Stacheln, den einen oder anderen Theil seines Körpers wechselsweise auf die Grundfläche fixiren. Murray hat über diese Stacheln

25) *Morgagni* de sed. et cauff. morb., ep. IV. n. 11. 21. ep. LXII. n. 5. etc.

26) Die Aehnlichkeit des geringelten Baues verschiedener Würmer mit den Ringen der Raupen sieht man am deutlichsten in der mikroskopischen Abbildung der Käsemade. (*Swammerdam* bibl. natur., tab. XLIII. fig. 2.)

27) Nicht aber den hinteren Theil, wie es Weiß von dem Falle gesagt hat, wo der Körper des Wurms verkürzt oder zusammen gezogen ist, wenn er fortschreiten will.

Digitized by Google

wichtige Beobachtungen bekannt gemacht, [28]) unter denen die von Münchhausen besonders merkwürdig ist, nach welcher diese Stacheln mit einer beträchtlichen Kraft wirken, um die verschiedenen Theile des Körpers zu fixiren. Inzwischen kann die Kraft dieser Stacheln nur geringe seyn, und ich glaube, daß noch eine andere Ursache, an sich ebenfalls von geringer Wirksamkeit, diese Fixation hervor bringen hilft.

Jeder Ring des Regenwurms enthält zwischen den zwei Abtheilungen, die ihn endigen, Muskelfasern, deren Zusammenziehung nothwendig diesen Ring aufblähen muß, daß er sich gegen den Boden stemmen kann. Da über dies diese Muskelfasern in mehreren Ringen zugleich zusammen gezogen werden; so macht die Annäherung dieser Ringe, deren Kette verkürzt ist, die Oberfläche des Theils, den sie bilden, noch ungleicher. Alsdann wird dieser Theil verhältnißmäßig fixirt, weil er einen größeren Widerstand von Reibung denen Bewegungen entgegen stellt, die ihn auf dem Boden fortziehen sollen.

Man braucht nicht zur Erklärung der Bewegungen des Regenwurms mit Fabricius von Acquapendente und Willis anzunehmen, daß die Mus-

28) In seiner Diss. de lumbricorum setis (opusc., tom. II. p. 401.). Er bemerkte, daß die Haarspitzen an beiden Enden des Wurms gegen die Mitte des Körpers, und die unter der Mitte des Körpers gerade gerichtet sind. Durch diese Richtung der Haare muß die vor- und auswärts gehende Bewegung des Körpers erleichtert werden.

Digitized by Google

kelfasern seiner Ringe zum Theil kreisförmig seyn und bei ihrer Zusammenziehung den Körper verlängern, und daß die anderen länglich seyn und bei ihrer Zusammenziehung ihn verkürzen und aufblähen. Parent und andere haben diese doppelte Reihe von Muskelfasern im Regenwurme angenommen; aber sie ist durchaus erdichtet, oder wenigstens noch nicht bewiesen.

Tyson [29]) unterscheidet zwar keine längliche Fasern; aber er versichert, einen großen spiralförmig gewundenen Muskel beobachtet zu haben, von dessen Zurückhaltung er die spiralförmige Drehung ableitet, die der Wurm im Kriechen seinem Körper giebt. [30]) Aber die Federkraft dieses Muskels, so wie jedes anderen, den man mit Lesser in dem Körper dieses Wurms annehmen könnte, ist eine durchaus nur eingebildete Ursache seines Fortschreitens.

Diese spiralförmige Drehung des Wurms, wodurch das Fortschreiten modificirt wird, hängt davon ab, daß der Wurm zu gleicher Zeit in mehreren benachbarten Ringen solche Muskeln zusammen zieht, deren Richtungen wenig von einander abweichen und fast

29) Philos. transact., N. 147. p. 155.

30) Wegen dieser spiralförmigen Bewegung hat man dem Wurme im Lateinischen den Nahmen: *vermis*, a vertendo dicto, und der Raupe im Griechischen den Nahmen: κάμπη, gegeben. Aristoteles druckt sehr glücklich diese zusammen gesetzte Bewegung durch das Wort: ἑλύσπασις, oder εἱλύσπωμα, aus, welches anzeigt, daß die Würmer durch Umrollen den Körper anziehn.

parallel gehn. Uebrigens wird diese spiralförmige Windung noch augenscheinlicher durch das Wanken des schwachen Körpers, welches man beim Kriechen des Wurms bemerkt.

IX.

Es giebt kriechende Thiere von einem weichen Baue, die sich durch die Fasern zu bewegen scheinen, deren Länge und Richtungen sie nach Willkühr ändern. Zu diesen rechne ich die Gartenschnecken, deren Körper weder eine Eintheilung in Ringe, noch eine andere beständige darbietet.

Swammerdam sagt: [31]) da die Gartenschnecke keine Schaale habe, so können sich die Muskeln an keinen Knochen setzen; sondern sie heften sich an andere Muskeln, und befördern ihre Bewegung unter einander. Dies geschieht, wie er sagt, vermöge eines sehr merkwürdigen Mechanismus bei verschiedenen Thieren.

Inzwischen erklärt Swammerdam nicht, wie es in denen Muskeln, an welche sich andere anlegen, verhältnißweise fixirte Theile geben könne, deren Stellung und Widerstand durch die Action anderer bestimmter Muskeln die Bewegung der Gartenschnecke bestimmen sollen.

Meines Erachtens wird man von dem Endzwecke dieser fixen Theile in dem einförmigen Körper der Gar-

31) Bibl. natur., vol. I. p. 160.

tenschnecke keine Erklärung geben können, als wenn man annimmt, daß das Lebens-Princip dieses Wurms nicht allein die Fähigkeit habe, seine Muskelfasern zu erweitern und zusammen zu ziehn, sondern auch in einem oder dem anderen Theile seines muskulösen Körpers eine Kraft der fixen Lage nach Willkühr hervor zu bringen. 32)

Diese Kraft ist sehr verschiedener Grade der Intensität fähig: in dem Muskular-Gewebe der Schnecke kann sie die Fasern nach verschiedenen Richtungen verlängern. Sie kann in denen Theilen dieses Gewebes, die der Grundfläche am nächsten sind, fixere Punkte hervor bringen, an welche sich diese Fasern anlegen, und gegen welche sie bei ihrer Zusammenziehung andere Theile des Körpers anziehn, die diese fixe Punkte mit mehr oder weniger Stärke an die Grundfläche andrü-

32) Diese Muskelkraft war vor mir nicht bekannt; aber ich habe bewiesen, daß man ihr Daseyn, als ein nothwendiges Resultat der Thatsachen, zugeben muß.

Was die Verlängerungskraft der Fasern betrifft, die von ihrer simpeln Erschlaffung verschieden ist; so läßt sich diese besonders bei Würmern und anderen kriechenden Thieren bemerken, indem nicht bloß die Vordertheile ausnehmend verlängert werden, wenn sie sich auf den Hintertheil stützen, sondern indem auch diese Vordertheile während ihrer Verlängerung steif werden, und eine Impulsions-Kraft erhalten, wovon man sich überzeugen kann, wenn man einen Strohhalm, eine Feder, oder die Hand an den verlängerten Theil hält. Eine Beobachtung, wovon Rey de Cazillac zuerst im Journal encyclopédique Nachricht gegeben hat.

Digitized by Google

cken. Alsdann können andere Fasern, die von denselben festen Punkten entstehen, sich zusammen ziehn oder erweitern, je nachdem es zum Fortschreiten des Thiers erfordert wird.

Diese Kraft der fixen Lage in den Muskelfasern der Gartenschnecke, wodurch ich das Kriechen der letzteren erkläre, erreicht unstreitig in den zahlreichen Infusions-Thierchen und andern Wassergewürmen den höchsten Grad von Vollendung. Dem Proteus der alten Fabel ähnlich, geben sie ihrem Körper die verschiedensten, ja alle nur mögliche Formen.

X.

Dergleichen Mechanismus muß eben so bei dem Fortschreiten der gehäuseten Schnecke, als bei den Bewegungen der nackten Gartenschnecke statt finden. Jene kriecht vermöge einer wellenförmigen, sehr regelmäßigen und schleunigen Bewegung, die man unterhalb der fleischigen Masse bemerkt, welche man den Fuß der Schnecke zu nennen pflegt. [33]) Diese Bewegung ist von

33) Dieser Fuß der gehäuseten Schnecke kann nicht so wirken, wie der Theil des Muschelfisches, den man den Arm oder Schenkel desselben genannt hat. von der Heyde versicherte zuerst, und mehrere haben es nach ihm bestätigt, daß der Muschelfisch diesen fleischigen und sehr biegsamen Theil aus seiner halb eröffneten Schaale hervor strecke, daß er denselben um einen äußeren Körper biege, um sich darauf zu fixiren. Indem er sich also zusammen zieht, so bewegt er seine Schaale gegen diesen äußeren Körper. Aber in der

Digitized by Google

Swammerdam und Lyonet beschrieben, und von Lesser [34]) gezeichnet worden.

Das Kriechen dieser Schnecke auf der Erde und auf den Bäumen hat man dadurch erklärt, daß an den Rändern des Fußes zwei gefaltete Muskelanhänge sich befinden, in welchen auf die Zusammenziehung der vorderen Falten die Zusammenziehung der hinteren folgt, und so die Schaale des Thiers angezogen wird. Allein es bleibt noch zu erklären übrig, auf welche Art diese Anhänge feste Falten bilden; denn ohne diese kann die Bewegung von einem Orte zum andern durch die Action der angenommenen Muskeln nicht geschehn, die sich nach entgegen gesetzten Richtungen auf gleiche Weise verengen und erweitern müßten.

Man hat auch gesagt, die Ränder des Fußes der Schnecke könnten durch den Druck der Luft, da die wellenförmige Bewegung des mittleren Theils des Fußes leere Räume bildet, auf der Grundfläche fest gehalten werden. [35]) Aber die Hauptschwierigkeit beruht auf der Erklärung dieser wellenförmigen Bewegungen.

Gartenschnecke bemerkt man kein solches Band, (oder einen sehnichten Muskel,) welches die Schaale anderer Schaalen-Thiere mit dem Körper der Thiere vereinigt.

34) Testaceo-theolog., p. 756.

35) Ein ähnlicher Druck der Luft kann wohl dazu beitragen, daß sich der Blutigel fest saugt, indem an dem Orte, wo er mit dem Maule saugt, ein leerer Raum entsteht. (du Bloudeau im Journal de physique, 1782. Oct.)

Digitized by Google

Weiß sagt: wenn man die Bewegungen der Schnecke auf einer spiegelglatten Fläche beobachte, so sehe man wellenförmige Bewegungen, die längs des Bauchs von hinten nach vorn mit einer fünf bis sechs Mahl größeren Schnelligkeit erfolgen, als die Geschwindigkeit ist, womit das Thier fortschreitet. [36]) Nach ihm werden diese wellenförmige Bewegungen durch die Muskeln erzeugt, die dieser Schnecke als Füße dienen, wenn sie nämlich auf einer Fläche kriecht, die dem Drucke der Füße nicht nachgiebt. Jene Bewegungen sind denen ähnlich, die die Menge von Beinen im Tausendfuße hervor bringen, bei dem man auch ununterbrochene Bewegungen vom Schwanze nach dem Kopfe bemerkt.

Weiß hat also zwar die wellenförmigen Bewegungen etwas besser als die übrigen Beobachter beschrieben: doch erklärt er nicht genauer, wie sich im Körper der Schnecke so unterschiedene und auf so feste Punkte wirkende Muskeln bilden, damit ähnliche Undulationen durch die Eindrücke entstehn können, welche die Muskeln, die die Stelle der Füße vertreten, auf die Grundfläche machen.

36) Dies hängt unstreitig davon ab, daß die festen Punkte im Muskelgewebe der Schnecke nicht so fest auf den Boden angedrückt werden, daß die Action der Muskelfasern, die sich um diese Punkte zusammen ziehn oder erweitern, um den Körper des Thiers fortzubewegen, dieselben nicht mit fortziehn sollte. Durch dieses Fortziehn wird die Ausdehnung der fortschreitenden Bewegung einigermaßen vermindert.

Digitized by Google

Uebrigens weiß man, daß eine klebrichte Feuchtigkeit, die die Schnecke aus der ganzen Oberfläche des Körpers von sich giebt, und auf welcher sie halb zu kriechen, halb zu schwimmen scheint, den Körper an der Grundfläche fest hält. Inzwischen begreift man nicht, wie sich das Thier an diese klebrichte Feuchtigkeit auf ungleiche Art in den verschiedenen Punkten seiner Unterfläche anhängen kann, damit diese Punkte nach einander fixirt und verändert werden, wie es die Undulationen der fortschreitenden Bewegung verlangen.

Bradley hat auch bemerkt, [37]) daß die Wasserschnecken vermöge einer wellenförmigen Bewegung in ihrem Fuße auf der Oberfläche des Wassers schwimmen, indem sie ihren Körper und ihre Schaale umgekehrt halten. Er vermuthet, daß diese Schnecken alsdann selbst über die Luft eine gewisse Gewalt ausüben. Diese widersteht ihnen, wie jeder feste Körper, auf welchem sie kriechen.

Aber der Körper der Wasserschnecke scheint auf dem Wasser leicht und beständig erhalten zu werden, weil seine Schaale, wegen der Zurückziehung des Körpers, leicht geworden ist. Die wellenförmige Bewegung in dem Fuße verursacht einen auf einander folgenden Druck auf das Wasser: so schwimmt dieser Fuß und zieht dergestalt den übrigen Körper nach sich. [38])

37) Philosoph. account of the works of nature, p. 56.

38) Man sieht, daß, ungeachtet der unterschiedenen Organisation, dieses Schwimmen übrigens mit dem Schwimmen der Wasserschlangen sehr überein kommt. (Abschn. V. §. VI.)

Digitized by Google

Auch die Bewegung derer Wasser-Insecten, die Lyonet beschreibt, [39]) läßt sich aus denselben Grundsätzen erläutern. Einige derselben bewegen sich vermittelst einer Undulation in der Unterfläche ihres Körpers, und andere gleiten nach allen Richtungen und mit beträchtlicher Geschwindigkeit über das Wasser hin, ohne daß man in irgend einem Theile ihres Körpers einige Bewegung bemerken kann.

XI.

Jetzt bleibt mir noch übrig, vom Kriechen der Schlangen zu handeln. Ich werde zuvörderst die mechanischen Vortheile ihres Baues aus einander setzen, welche dieser fortschreitenden Bewegung zu Statten kommen.

Aristoteles hat schon bemerkt, daß die Rückenwirbel der Viper ausnehmend biegsam, und in dieser Rücksicht mit Knorpeln zu vergleichen sind. Ihre Biegsamkeit wird noch durch die Lage ihrer Queer- und Dorn-Fortsätze, die Charas beschrieben, und durch die zahllosen Muskeln begünstigt, welche, wie Vesling zeigt, sehr freie Sehnen besitzen und nach verschiedenen Richtungen diese Wirbel an einander ziehn, biegen und in die Höhe richten können.

Tyson bemerkte in der Klapperschlange, daß jeder obere Wirbel mit einem runden Knopfe in eine ebenfalls rundliche Gelenkhöhle des unteren Wirbels

39) In seinen Anmerkungen zu Lesser's Theologie des insectes, tom. I. p. 268.

eingreift, und daß alle übrige Formen der Gelenkverbindung der Wirbel ihnen die leichteste und freieste Biegung nach allen Seiten gestatten.

Ich halte dafür, daß diese außerordentliche Biegsamkeit der Wirbelsäule auch die große Geneigtheit zu Verrenkungen hervor bringt, die man bei den Schlangen bemerkt. Daher scheint es auch zu kommen, daß man die Klapperschlange mit einem sehr leichten Streiche einer Ruthe über den Rücken sogleich todt schlagen kann.

Bei eben dieser Schlangenart bemerkte auch Tyson, daß die ringförmigen Schuppen, oder vielmehr die großen Platten, dachziegelartig unter dem Bauche über einander liegen, und daß jedes Paar dieser Platten mit einem Muskel zusammen hängt, dessen eine Sehne sich an die Mitte der inneren Fläche der vorderen Platte, die andere Sehne aber an den oberen Rand der hinteren Platte anlegt. 40) Diese Bemerkungen dehnt Derham ohne Grund auf alle Schlangenarten aus.

Nach Tyson hängt ferner jede dieser großen Platten durch ihre beide Enden mit den Enden der Ribben zusammen Dadurch bekommen diese Platten einen Unterstützungspunkt, und das Thier kann sie dergestalt vermittelst des Muskels, der sie unter einander verbindet, erheben und niedersenken.

Da die Fixation der Platten auf dem Boden nur nach und nach erfolgt, so kann, wenn die vordere

40) Philosoph. transact., n. 144. p. 28.

Platte sich auf den Boden stützt, der Muskel, den sie mit der hinteren Platte gemein hat, sich nicht zusammen ziehn, ohne den oberen Rand dieser hinteren Platte nach vorn und innen zu ziehn, und ohne sie sich um ihre feste Punkte, die Enden der Ribben, drehn zu lassen. Dergestalt weicht der untere Rand nach hinten und außen: diese hintere Platte richtet sich mehr oder weniger auf dem Boden in die Höhe, mit dem sie vorher parallel war. Indem sie sich so aufrichtet, bildet sie eine Art von Fuß. [41])

41) *Isidor. Hispal.* Origin., lib. XII. c. 4. col. 1125. (ed. *Gothofred.* 4. Colon Allobr. 1622.) „Vestigia serpentium talia sunt, ut, cum pedibus carere videantur, „costis tamen et squamarum nisibus repant, quas a „summo gutture usque ad imam alvum parili modo „dispositas habent. Squamis enim quasi unguibus, „costis tanquam cruribus innituntur."

Aristoteles wollte beweisen, daß eine Schlange keine Füße haben könne: und der Grund, den er davon angiebt, ist ein Beweis des Hauptfehlers seiner Art zu philosophiren, indem er nämlich von logischen Formen ausgeht, worin er die allgemeinen Begriffe der Wahrheiten der Naturlehre ausdruckt.

In seinem Buche von dem Gange der Thiere sagt er erstlich, bei dem langen Körper der Schlangen würden zwei oder vier Beine nicht hinreichen, um den Körper fortzubewegen: dann behauptet er, die Schlange könnte auch keine größere Anzahl von Beinen haben, weil jedes mit Blut versehene Thier sich nur nach vier Richtungen bewegen könne. Um dies zu verstehn, muß man das vorher gehende Kapitel in demselben Buche lesen.

Digitized by Google

Eine große Menge von Schuppen, die dergestalt zu gleicher Zeit unterstützt werden, trägt dazu bei, diesen oder jenen Theil des Körpers mit Festigkeit zurück zu halten, und zur fortschreitenden Bewegung dieses Thiers ist jene Fixation nothwendig.

Diese Bewegung wird nämlich um so weniger geschwächt, je standhafter diese Fixation ist, oder je fester der Boden ist, auf welchen die Schuppen sich stützen. Dies ist eine von den Ursachen, warum die Klapperschlange, deren Bewegungen sonst sehr langsam sind, sich dennoch über Felsen mit außerordentlicher Geschwindigkeit fortbewegt.

XII.

Diejenigen Schlangen, welche unter dem Bauche keine Schuppen haben, und deren Leib fast eben so dick als die beiden Enden sind, pflegen mit kreisförmigen Ringen umgeben zu seyn, die durch vereinigte Queerschuppen gebildet werden. Diese kriechen fast mit der gleichen Geschwindigkeit rückwärts als vorwärts. Daher nennt man sie auch Amphisbänen.

La Cepède bemerkte, [42]) daß diese Schlangen in ihren kreisförmigen Ringen den gleichen Widerstand empfinden, wenn sie rückwärts als wenn sie vorwärts gehn. Dagegen können andere Schlangen, wegen der Lage ihrer Bauchschuppen, leichter vorwärts als rückwärts kriechen. [43])

42) Continuat de l'hist. natur de Buffon, p. 459 f.

43) Daf. Discours prélim. sur la nature des serpens.

Diese Schuppen liegen nämlich von vorn nach hinten, nach Art der Dachziegel, über einander. Richtet die Schlange sie in die Höhe, so bieten sie der rückgängigen Bewegung ein Hinderniß dar: bewegt sich aber die Schlange vorwärts, so wirkt die Fläche des Bodens so auf diese Schuppen, daß sie ihre natürliche Lage annehmen.

Die Alten haben bei dem Kriechen der Schlange einige besondere Bemerkungen gemacht, die sie mit vieler Wahrscheinlichkeit aus der überwiegenden Steifigkeit oder Biegsamkeit der Rückenwirbel erklären.

Nikander sagt, daß eine Schlangenart, die er κεγχρὶς nennt, in schnurgerader Linie sehr schnell laufe; aber wenn sie die Gelenke ihres Rückgraths nach verschiedenen Richtungen biegen wolle, so beschädige sie leicht die Gelenkbänder desselben. 44)

Nikander beschreibt auch die seltsame Art von Hinken, welche die gehörnte Schlange und eine andere, die er αἱμόῤῥοος nennt, während des Kriechens zeige. Die Schwingungen des hervor springenden Rückens der gehörnten Schlange, welche zu hinken scheint, da sie

44) *Nicandr.* theriac. v. 479 f.

Φεύγε δ' ἀεὶ σκολιήν τ' οὐκ ἰθέαν ἀτραπὸν ἄλλων,
Δοχμὸς ἀνακρούων θηρὸς δρόμον· ἦ γὰρ ὁ δεσμοῖς
Βλάπτεται εὐκαμπτῇσι, πολυστρεπτοῖσιν ἀκάνθου.

Ἀκάνθου verändere ich mit Bandini in ἀκάνθης, wo es auf den Rückgrath geht. Gorräus hat Unrecht, wenn er ἄκανθος beibehält und an den Dornstrauch denkt.

Digitized by Google

ſich im Gehn beſtändig hin und her wirft, vergleicht er mit den wechſelſeitigen Schwingungen, die man in dem großen Maſte eines Laſtſchiffes bemerkt, [45]) wenn die Gewalt des Windes es auf eine Seite, und ein anderer Wind es wieder auf die andere Seite wirft.

Gorräus und Bochart bezeugen, daß die Araber der gehörnten Schlange und dem αἱμόῤῥοος einen außerordentlich biegſamen Körper geben, weil ihre Rückenwirbel nicht knöchern, ſondern knorpelartig

45) Daſ. v. 266 f.

Αὐτὰῤ ὅγε σκαιὸς μεσάτῳ ἐπαλίνδεται ὀλκῷ,
Οἷμον ἐδιπλανέων σκολιὴν τετρηχότι νώτῳ,
Τράμπιος ὀλκαίης ἀκάτῳ ἴσος, ἥτε δ' ἄλμης
Πλευρὸν ὅλον βάπτουσα κακοσταθέοντος ἄήτου.

Ich überſetze dieſe ſehr dunkle Stelle des Dichters folgender Maßen:

„Aber es wälzt ſich jene nun wankend in Mitte des Körpers, ſchiefes Laufs den Pfad hin irrend mit ſtruppigem Rücken, gleich an Geſtalt dem Maſte des Laſtſchiffs, das in die Salzfluth ganz eintaucht die Seite, bewegt von wechſelnden Winden.“

Σκαιὸς gebe ich alſo durch wankend, indem ich es bloß von der Wurzel σκάζω ich hinke herleite. Ἄκατος hat hier die Bedeutung des Maſtes, wie ἀκάτιον beim Heſychius und Pollux. Der Scholiaſt iſt auf einem Irrwege, wenn er bloß von der Gewalt eines einzigen Windes ſpricht, der das Schiff auf eine Seite treibt. (ὡς γαῤ ἐκεῖνο τῇ βίᾳ τοῦ ἀνέμου ἐκκρούεται, ἤγουν ἀποπέμπεται ἔξω τῆς εὐθείας ὁδοῦ καὶ ἐπὶ πλευρὸν ἤγουν πλάγιον φέρεται, οὕτω καὶ ὁ κεράστης πλάγιος καὶ ἐπίπλευρος ἕρπει.)

Digitized by Google

seyn. Michaelis aber findet mit Recht diese Erklärung nicht zureichend. [46])

Sehr wahrscheinlich ist es indessen, daß diese Schlangenarten ungemein schlaffe und bewegliche Gelenke der Rückenwirbel haben, und daß hierin der wahre Grund ihres scheinbaren Hinkens liegt. [47])

XIII.

La Cepède sagt, die Schlangen könnten sich, indem sie sich auf ihre Bauchschuppen stützen, nach jeder willkührlichen Richtung vorwärts gleichsam werfen. Ohne Zweifel ist dies die einfachste Art ihrer fortschreitenden Bewegung, doch muß sie immer nur sehr eingeschränkt seyn.

Man sagt auch, es gebe Schlangen, z. B. die Backenschlange der Alten, die fast ganz aufrecht gehn könne, indem sie sich bloß mit dem Schwanze und den benachbarten Theilen auf den Boden stütze. Unmöglich ist es nicht, daß die Schlange sich in aufrechter Stellung fortbewegen kann, wenn der Bogen, der durch einen Theil ihres Körpers gebildet wird, sich wechselsweise erhebt und niedersenkt, und der Körper also auf den

46) In seinen Fragen an die Gesellschaft der Reisenden, die der König von Dänemark nach Arabien schickte, S. 179.

47) Nikander deutet auf diese Ursache hin, indem er das Hinken des αἱμόῤῥοος von der Fabel herleitet, Helena habe die Bänder des Rückgraths dieser Schlange zerrissen und ihre Wirbel verdreht. (Theriac., v. 316.)

erhabensten Theilen dieses Bogens, die fixirt werden, fortgleitet.

Aber im Ganzen genommen biegt die Schlange im Kriechen anfangs ihren ganzen Körper nicht in einen, sondern in mehrere mit einander zusammen hängende senkrechte und horizontale Bogen. [48]) Der Mechanismus ihrer fortschreitenden Bewegung beruht auf der Bildung und Entwickelung dieser Wellen oder dieser Krümmungen. [49])

Untersuchen wir nun, wie die gewöhnlichen langsamen Schritte der kriechenden Schlange durch die auf einander folgende Zurückhaltung jedes derer Bogen, die der Körper der Schlange bildet, hervor gebracht werden: alsdann werden wir einsehen, was bis jetzt noch nicht erklärt ist, wie die Schlange, wenn sie sich mit großer Schnelligkeit fortbewegt, vermöge der

48) Man begreift nicht, warum Blumenbach (Handb. der Naturgeschichte, S. 263. Zweite Ausgabe.) behauptet, die Wellen oder Bogen, die der Körper der kriechenden Schlange bilde, gehen nach der Seite, aber nie in die Höhe. Das Gegentheil wird allgemein angenommen, und von Nikander und Virgil an haben alle Naturforscher das Gegentheil behauptet.

49) Diesen Mechanismus verkennen diejenigen, die mit Parent (Essais et recherches de mathém. et de phys., tom. III. p. 375.) annehmen, es gebe Theile dieser Wellen, die, indem sie sich auf den Boden stützen, von demselben zurück gestoßen werden und wieder andere Theile zurück treiben. Ich brauche kaum zu erinnern, daß diese Repulsion eingebildet ist.

Digitized by Google

gleichzeitigen Zurückhaltung aller Bogen, aus denen ihr Körper besteht, schnellere Schritte zu thun im Stande ist.

Anfangs fixirt die Schlange, vermittelst ihrer Schuppen oder Ringe, einen Theil ihres Vorderleibes: nach diesem bewegt sie den folgenden. Durch Hülfe der Streckmuskeln der nächsten Gelenke in den Rückenwirbeln erhebt sie diesen Theil des Körpers in senkrechte Wellen: sie krümmt sie nach einer oder der anderen Seite in horizontale Wellen, durch Hülfe derer Muskeln, die diese Gelenke der Wirbelsäule zur Seite biegen.

Zur vollständigen Bildung jedes Bogens trägt die vereinigte Action der Streck- und Beugemuskeln des Rückgraths in verschiedenen Graden der Krümmung der Gelenke in diesem Bogen bei. Die erste Welle, die der Körper der Schlange bildet, zieht den übrigen Körper nach sich: der vordere Theil des letzteren fixirt sich, um eine neue Welle zu bilden, u. s. w.

Wird der Körper durch eine Menge dergestalt, vielleicht nach Willkühr gebildeter Wellen dem Kopfe genähert, so erschlafft die Schlange den vorderen Theil, den sie in dem ersteren Bogen fixirt hat, indem sie den hinteren Theil fest hält: sie dehnt alsdann die Gelenke dieses Bogens entweder nach unten, oder nach einer Seitenrichtung, die der ersteren entgegen gesetzt ist, aus, und fängt damit bei den hinteren Gelenken an.

Dergestalt verlängert sie den Bogen der ersten Welle und senkt ihn auf den vorderen festen Fuß der fol-

Digitized by Google

genden. Auf eben die Weise dehnt sie jeden der gebildeten Bogen, und ihr Fortschreiten von dem ersten Punkte an, worauf sie sich fixirt hatte, wird durch die Antriebe bewirkt, welche die nach und nach entstandene Dehnung aller dieser Bogen hervor bringt.

Die hinteren festen Punkte oder Füße der Bogen sind der Verlängerung der horizontalen Wellen nicht unterworfen, da sie in der Dehnung der senkrechten Wellen begriffen sind. Die Ursache davon liegt darin, daß ein Theil der Wirkung des ausgedehnten verticalen Bogens auf den festen Fuß wirkt und ihn durch Druck befestigt: die Wirkung des verlängerten horizontalen Bogens aber geht nur auf den festen Fuß in so fern, als dieser dadurch nach einer mit dem Horizonte parallelen Linie fortgetrieben wird.

Die verhältnißmäßige Unsicherheit des Fußes im letzteren Falle verursacht ein schwaches Fortschreiten, wenn die Schlangen sich in horizontalen Wellen fortbewegen; es müßte denn seyn, daß sie auf einem unebenen und höckerigen Boden gingen, wo die horizontalen Wellen sich leicht den verticalen nähern.

Da indessen jene Art zu kriechen die gewöhnliche ist, so wird gegen den Nachtheil derselben dadurch gesorgt, daß die Schlange den Theil des Körpers, womit sie eine horizontale Welle bildet, in einer halben Wendung um ihre Axe dreht. 50) Dies kann aber

50) Virgil sagt: *in spiram tractu se colligit anguis*, sie schmiegt sich gewunden in die eigenen Glieder.

nicht geschehn, ohne daß der Druck, den dieser sich krümmende Theil gegen den Boden hervor bringt, nicht das Nachziehn des Endes dieses Theils sehr mühsam machen sollte. [51])

XIV.

Man hat sonst immer geglaubt, daß die fortschreitende Bewegung der kriechenden Schlange nur durch eine viel größere Geschwindigkeit in den Bewegungen der Biegung und der Ausdehnung der Bogen, die der Körper bildet, beschleunigt werden könne.

Indessen meint La Cepède, daß die Schnelligkeit, womit die Schlangen kriechen, viel zu groß sey, als daß man glauben könnte, ihre Schritte richteten sich nur nach der Abspannung der von ihrem Körper gebildeten Bogen. Nehme man dies an, so werde die Größe eines jeden Schrittes mit der Größe eines jeden Theils des Körpers, der bogenförmig gekrümmt ist, überein kommen. Daher muß man, nach seiner Meinung, zu dem Raume, den die Ausdehnung eines jeden dieser Bogen durchläuft, noch die Ausdehnung hinzu thun, die von der Federkraft des gebogenen Theils herrührt. [52])

La Cepède erklärt nicht eigentlich diese Federkraft. Vermuthlich versteht er darunter die Action der Muskeln des Rückgraths, so wie er anderwärts dieselbe

51) Den gleichen Nutzen scheint die Drehung des Körpers bei kriechenden Würmern und bei Raupen zu haben, wie oben bemerkt worden ist.

52) Discours prélim., p. 11.

Action der Muskeln zu verstehen scheint, wenn er sehr unbestimmt den Sprung der Schlangen auf Rechnung der Springfedern schreibt, die einzele Theile ihres Körpers bilden, und die in Thätigkeit gesetzt werden. Allein er hat weder beobachtet noch erklärt, wie die Action dieser Muskeln bei sehr schnellen Schritten auf eine andere Weise in Thätigkeit gesetzt wird, als bei dem gewöhnlichen und langsamen Fortschreiten.

Bei der größten Schnelligkeit der Bewegungen sieht man, daß die Bogen der Wirbelsäule nicht einer nach dem anderen anfangs gekrümmt und dann gestreckt werden; sondern sie biegen sich offenbar fast alle auf Ein Mahl, und werden auch alle in sehr kurzer Zeit gestreckt. Daher wird der Antrieb nach vorn, der jedem gestreckten Bogen mitgetheilt worden, durch die fixe Beschaffenheit des vorderen Theils dieses Bogens nur wenig gehindert, auf alle vorher gehende Bogen überzugehn und ihr Fortschnellen zu begünstigen.

Zu gleicher Zeit stützen sich alle diese Bogen sehr stark auf die fixen Punkte, die ihre Grundflächen bilden, und die Streckmuskeln der Gelenke des Rückgraths wirken mit beträchtlicher Stärke auf diese Bogen, um sie niederzudrücken und sie zu dehnen. In der Folge hören diese Grundflächen auf fix zu seyn: sie können nun den Eindrücken gehorchen, die sie von den Streckmuskeln des Rückgraths erhalten: sie werden flach gedrückt, und nach der ganzen Länge des Körpers vorwärts getrieben: der letztere durchläuft also einen desto größeren Raum, je öfter diese partielle Antriebe wiederhohlt werden.

Digitized by Google

Die Schlangen, die über die Oberfläche des Wassers mit einer ausnehmenden Schnelligkeit wegkriechen, [53]) stützen sich auf diese Oberfläche in einer großen Menge von Punkten, die die Grundflächen eben so vieler sehr kleiner Bogen sind, in welchen sich der Körper der Schlange krümmt: dadurch wird nach Verhältniß auch das Fortschleudern einzeler Theile des Körpers, so wie die bei jedem Schritte durchlaufenen Räume, vervielfältigt.

Dies scheint mir der Mechanismus des Kriechens der Schlangen zu seyn, wobei sie Schritte machen, deren Geschwindigkeit gegen die Form dieser Thiere zum Erstaunen absticht. Denn nach ihrer Form zu urtheilen, scheinen sie auf der Erde nicht anders fortkommen zu können, als indem sie gleichsam Furchen in dieselbe ziehn. [54])

53) Wie die Klapperschlange, von deren Schwimmen Abschn. V. §. VI. gehandelt ist.

54) Wegen der Schnelligkeit, womit die Klapperschlange über Felsen, wie über das Wasser fortschlüpft, haben die Mexikaner ihr den Nahmen des Windes gegeben. Artemidorus glaubt, daß diese wunderbare Geschwindigkeit von einem Geiste herrühre, der den Schlangen beiwohne.

Vielleicht gaben die Alten zum Theil deßwegen den Winden und anderen Gottheiten statt der Beine Schlangenschwänze. (*Winkelmann* monum. inediti, p. 11.) Der Gang dieser Gottheit geschah in sanften und schnellen wellenförmigen Bewegungen, ohne wechselnde Anstrengungen, wie sie beim Gange des Menschen vorkommen.

Digitized by Google

Fünfter Abschnitt.
Vom Schwimmen.

Ich theile diesen Abschnitt in drei Kapitel. Das erste handelt vom Schwimmen der Fische; das zweite vom Schwimmen vierfüßiger Thiere; und das dritte vom Schwimmen des Menschen.

Erstes Kapitel.
Vom Schwimmen der Fische.

I.

Man hat es lange Zeit geglaubt, und noch kürzlich gesagt, daß die Flossen die vorzüglichsten Werkzeuge seyn, vermöge deren die Fische eine fortschreitende Bewegung machen können. [1]) Dennoch ist diese Behauptung nicht im mindesten wahrscheinlich.

Gouan hat die letztere darauf eingeschränkt, [2]) daß er annimmt, die Fische bewegen sich entweder

1) Blumenbach wiederhohlt es in seinem Handbuch der Naturgeschichte, §. 279. In der Encyclopédie méthod., Histoir. natur., tom. III. Poissons, Introduct. p. V. heißt es: Wenn die Flossen der Fische gestreckt seyn, so geben ihnen die Gräten verschiedene Richtungen, um verschiedene Bewegungen hervor zu bringen. Aber man giebt nirgends eine Ursache dieser Bewegungen an. Auch Maudunt (Discours prélim. de l'hist. des insectes, p. CII f.) sagt, die Flossen seyn Ruder, vermittelst welcher die Fische schwimmen.

2) Histoire des poissons, p. 1 und 46.

allein durch Hülfe der Flossen, oder vermöge einer drehenden Bewegung ihres Körpers, oder endlich durch beide Kräfte zugleich. Allein wenn es wirklich Fälle giebt, wo sich die Fische bloß durch die Action ihrer Flossen fortbewegen, so werden dies nur immer sehr geringfügige fortschreitende Bewegungen seyn, wie du Hamel [3]) und Bonnet [4]) es erkannt haben.

Man kann diese geringfügige Bewegungen in den seltenen Beispielen bemerken, wo die Größe und Stärke der Flossen in Verhältniß zum Körper des Fisches sehr beträchtlich sind. Aber außer diesen Fällen besteht der vorzügliche Nutzen der Flossen darin, daß sie den Körper des Fisches in einem Zustande von Gleichgewicht erhalten und den Seitenbewegungen im Fortschreiten die nöthige Richtung geben.

Borelli bemerkte, daß die Flossen, wenn der Fisch sich bewegt, unbeweglich bleiben, und daß sie sich nur dann ausdehnen, wenn sie die Biegung oder die Ausdehnung dieser Bewegungen hervor bringen sollen. Die merkwürdigste Thatsache ist, daß, wie Borelli sagt, ein Fisch nach abgeschnittenen Flossen dennoch fortfuhr, sich nach allen Richtungen zu bewegen.

Borelli besteht auch auf der allgemeinen Bemerkung, daß die Flossen in Verhältniß zur Größe des Körpers viel zu schwach und klein sind, als daß man glauben könnte, die Wirkung derselben auf das

3) Traité général des pêches, P. II. p. 12.

4) Contemplation de la nature, tom. III. p. 279 f.

Wasser bringe die fortschreitende Bewegung der Fische hervor. [5])

Nachdem er dies fest gesetzt hat, trägt er die Meinung vor, daß das vorzüglichste Werkzeug des Schwimmens im Schwanze zu suchen sey.

II.

Borelli vergleicht die forttreibende Bewegung des Schwanzes mit der Bewegung eines Steuerruders, welches an den Hintertheil eines Fahrzeuges befestigt ist. Man weiß, daß durch Hülfe dieses Steuerruders, wenn es wechselsweise von der einen zur anderen Seite bewegt wird, das Fahrzeug in gerader Linie sehr schnell auf dem Wasser fortgleitet. [6])

Die vorwärts gehende Bewegung des Fahrzeuges nimmt anfangs eine Richtung zur Seite an; aber diese Abweichung wird sogleich verbessert, indem entweder das Steuerruder eine entgegen gesetzte Seitenbewegung bekommt, oder wenn man es fest in der schiefen Lage zurück hält, worin es das Ende seiner ersten Bewegung erreicht hat. In dem letzteren Falle erhält es von dem in Bewegung gesetzten Wasser einen Eindruck, der das Fahrzeug nach einer der vorigen entgegen stehenden Richtung hindreht.

5) P. I. pr. 212. Dies findet man besonders auffallend in den Wallfischen und Delfinen, wenn man die Schwäche ihrer Flossen mit der Masse ihres Körpers und mit der Schnelligkeit ihrer Bewegungen vergleicht.

6) P. I. pr. 214.

Digitized by Google

Nach Borelli's Meinung verhält es sich mit dem Schwimmen der Fische auf gleiche Weise. Der Schwanz wird anfangs seitwärts gebogen und sehr stark nach dem Kopfe gekrümmt. Alsdann dehnt er sich plötzlich aus, und peitscht so gleichsam das Wasser mit beträchtlicher Geschwindigkeit, indem er es zurück stößt und sich auf dasselbe stützt; hierdurch muß nun der Fisch nothwendig vorwärts getrieben werden. Diese doppelte Bewegung des Schwanzes wird nachher von der entgegen gesetzten Seite wiederhohlt: hierdurch wird die Abweichung zur Seite verbessert, und der gerade Antrieb des Fisches nach vorn verstärkt.

Nichts desto weniger kommt bei dieser Vergleichung des Steuerruders mit dem Schwanze der Fische eine Schwierigkeit vor, die Borelli übersehn hat; und deßwegen kann man behaupten, daß der Mechanismus des Schwimmens noch bis auf diesen Tag ein Räthsel ist.

III.

Das Steuerruder treibt das Fahrzeug nach vorn, in so fern der Ruderer dem Ende des inneren Theils des Steuerruders eine Bewegung mittheilt, die das Fahrzeug vorwärts treibt, indem zugleich das Blatt des Steuerruders dem Wasser einen entgegen gesetzten Antrieb mittheilt. Sind alle übrige Umstände gleich, so ist diese Bewegung nach vorn desto stärker, je mehr Widerstand das Steuerruder in jener Flüssigkeit antrifft.

Digitized by Google

Aber gesetzt, das Steuerruder wäre mit dem seinem Blatte entgegen gesetzten Ende in den Bord des Fahrzeugs eingelenkt, und es bewegte sich in diesem Gelenke, durch Seile fest gehalten, völlig frei; so könnte eine Kraft, die zwischen dem Wasser und dem Fahrzeuge sich befände, und die nur auf das Steuerruder wirkte, indem es dasselbe dem Widerstande des Wassers entgegen triebe, ihm nur eine Winkelbewegung in Rücksicht auf das ganze Fahrzeug mittheilen.

Gesetzt ferner, diese Kraft wirkte zugleich auf das Steuerruder und das Fahrzeug, indem sie einen Theil der Seile, womit beide vereinigt sind, zusammen zöge; so würde sie, der Widerstand des Wassers möchte seyn welcher er wollte, dem Fahrzeuge so wohl als dem Steuerruder nur eine wechselseitige Winkelbewegung mittheilen können.

In beiden Fällen also könnte keine Kraft jemals eine gerade ausgehende Bewegung erzeugen.

Nun aber kann der Schwanz des Fisches, der in den Körper desselben eingelenkt ist, nur mit einem in den Körper des Fahrzeuges eingelenkten Steuerruder verglichen werden. Wenn folglich die bewegenden Muskeln des Schwanzes auf einfache Weise die Biegung oder Streckung desselben bewirken, indem sie ihn dem Widerstande des Wassers entgegen treiben, so können sie in dem Schwanze nur eine Winkelbewegung um den unteren Theil des Rumpfes hervor bringen; oder sie können vielmehr zu gleicher Zeit nur eine wechselseitige geringe Drehung des Rumpfes um den Schwanz er-

zeugen. Aber nie werden diese Muskeln alsdann den Fisch vorwärts treiben. 7)

Der Schwanz oder das Ende eines schwimmenden Fisches und der Flügel eines fliegenden Vogels lassen sich beide keinesweges mit einem gewöhnlichen Ruder vergleichen. Man betrachte sie, wenn man will, als ein in mehrere Stücke, die wechselseitig articulirt sind, gebrochenes Ruder. 8) Man nehme an, daß diese Stücke anfangs einander genähert waren, und jetzt durch Winkelbewegungen von einander entfernt werden, indem zugleich die zusammen gesetzte Bewegung dieses gebrochenen Ruders das Thier durch Hülfe der widerstehenden Luft vorwärts treibt.

IV.

Alle bisherige Theorieen über den Mechanismus der Ruder sind mehr oder weniger fehler- und mangel-

7) Gouan nimmt zwar Borelli's Erklärung von der Wirkung des Schwanzes auf die fortschreitende Bewegung des Fisches an; aber er bemerkt doch, daß, wenn der Fisch den Schwanz nach einer Seite allein biegt, der Körper sich in einen Bogen nach derselben Seite dreht, daß er selbst wie ein Kreisel um diese Seite bewegt wird, wenn die Bewegung des Schwanzes sich erneuert.

Man sieht also, daß die Biegungen des ganzen Schwanzes, die wechselsweise nach beiden Seiten erfolgen, nicht die nothwendige Folge haben, daß sie den Körper vorwärts bewegen, sondern sie krümmen ihn nur allein zur Rechten und zur Linken.

8) Doch nutzt diese Vergleichung keinesweges bei der Erklärung des eigentlichen Mechanismus des Schwimmens der Fische und des Fliegens der Vögel.

Digitized by Google

haft. Das Unbestimmte und die Mängel dieser Theorieen kamen ohne Zweifel hauptsächlich denen zu statten, die bisher das Schwimmen der Fische durch die bloße Vergleichung des Schwanzes mit den Rudern zu erklären versuchten.

Fehlerhaft sind offenbar die Theorieen über die Wirkung der Ruder bis in die Mitte dieses Jahrhunderts: von da an haben sie sichtbare Mängel.

Unter den letzteren halte ich die Theorieen von Lorgna und Don George Juan einer vorzüglichen Aufmerksamkeit werth. Lorgna [9]) bauet seine Theorie auf den einfachen Grundsatz: daß das Ruder ein Werkzeug ist, dessen einer Theil zwischen zwei Widerständen in der Mitte liegt, die zu gleicher Zeit nach entgegen gesetzten Richtungen bewegt werden sollen, und dessen anderer Theil in ein Ende ausläuft, auf welches die bewegende Kraft wirkt.

Lorgna setzt zuvörderst fest, daß es in der äußern Seite des Ruders einen festen Punkt gebe, der als der Mittelpunkt der Bewegung und der Drehung angesehn werden könne: um diesen halten die Actionen der Kraft und die Widerstände des Fahrzeugs und des Wassers sich das Gleichgewicht. Diesen fixen Punkt nimmt er als den gemeinschaftlichen Schwerpunkt von Massen an, die den Widerständen des Wassers und des Fahrzeugs gleich sind.

9) Memorie di matematica e fisica della società Ital., tom. II. P. II. p. 457.

Diese Behauptung wird indessen niemand zugeben, der da weiß, daß der Mittelpunkt der Drehung vielmehr in der ganzen Länge des Ruders, bei jedem Momente der Action, zu suchen ist. Aber dieser Mittelpunkt muß nothwendig veränderlich und nicht fix seyn, wenn man ihn auch für einen einzigen Ruderschlag annimmt.

So lange jeder Ruderschlag dauert, bleibt der Widerstand des Fahrzeuges derselbe: der Widerstand aber, den das Wasser dem Blatte des Ruders leistet, ist offenbar veränderlich, weil das Ruder jeden Augenblick einen verschiedenen Stand im Wasser hat. Folglich muß der Mittelpunkt der Drehung gleichfalls veränderlich seyn; zumahl da, nach Lorgna, dieser Mittelpunkt mit dem gemeinschaftlichen Schwerpunkte derer Massen überein kommt, die diesen Widerständen gleich sind.

Uebrigens setzt Lorgna voraus, daß während jedes Ruderschlages die Kraft, welche das Ruder bewegt, sich gleich bleibe. Inzwischen muß dieselbe alsdann sehr veränderlich seyn. Denn, die Veränderungen, welche jede Zusammenziehung der bewegenden Muskeln des Arms erleidet, nicht zu rechnen, so ist die Bewegung dieses Arms gegen das Ende des Ruderschlages offenbar weniger frei als im Anfange. Die Kraft des Arms also, die auf das Ruder wirkt, erleidet vor dem Ende jedes Ruderschlages eine bedeutende und immer zunehmende Verminderung.

Digitized by Google

George Juan's Theorie [10]) von der Wirkung des Ruders ist noch mangelhafter.

Er sagt, die Gegenwirkung, welche der Widerstand des Wassers dem Fahrzeuge mittheile, treibe dasselbe vorwärts, und setze es in Bewegung. Allein diese eingebildete Gegenwirkung kann in der That nichts zur Bewegung des Schiffes beitragen.

Nach seiner Meinung geht die Action des Ruderers, (gleich dem ganzen Gewichte, welches er durch seine Anstrengung überwinden muß,) völlig in das Fahrzeug über; und zwar geschehe dies vermöge des Drucks, welchen das Ruder auf den Unterstützungspunkt desselben am Fahrzeuge ausübe. Indessen wirkt nur ein Theil der ganzen Action des Ruderers auf das Fahrzeug, und treibt es vorwärts: der übrige Theil dieser Action wird zum Forttreiben des Wassers verwandt, welches dem Ruderblatte widersteht.

Zu den wirkenden Momenten, auf welche man bei der Erklärung der Action des Ruders Rücksicht nehmen muß, zählt Don Juan auch die Kraft, die der Ruderer anwendet, wenn er sich gegen den Boden oder die Bank, worauf er sitzt, stemmt: die Richtung dieser Wirkung ist der Richtung der Bewegung entgegen gesetzt, welche sie hervor bringt.

Mit Recht behauptet er, die Gegenwirkung dieser Anstrengung gehe durch den Ruderer in das Fahrzeug

10) Examen maritime ou traité de méchanique appliquée à la construction des vaisseaux, tom. II. livr. III. ch. 3.

Digitized by Google

über. Aber er scheint mir zu irren, wenn er diese Gegenwirkung der Action gleich macht, die der Ruderer auf den Unterstützungspunkt des Ruders ausübt. Denn man kann diese beide Actionen durchaus nicht als gleich betrachten, da sie durch ganz verschiedene Organe hervor gebracht werden. Das Letztere will ich jetzt beweisen.

Bei dem gewöhnlichen Rudern zieht der Ruderer, mit dem Rücken nach dem Vordertheile des Schiffes gewandt, den Griff des Ruders, dessen Blatt ins Wasser getaucht ist, nach sich, [11]) und so treibt er das Schiff vorwärts. Vorher aber neigt er seinen Körper nach

11) Wenn im Gegentheile der Ruderer in derselben Stellung den Griff des Ruders vor sich her treibt, indem das Blatt unter Wasser ist; so muß sich das Fahrzeug nach dem Hintertheile bewegen. Offenbar würden sich diese beide Wirkungen wechselsweise ändern, wenn der Ruderer mit dem Rücken nach dem Hintertheile gewandt wäre. Indessen ist in allen diesen Fällen die Anstrengung des Körpers, womit er sich im Niederbiegen auf den inneren Theil des Fahrzeugs stemmt, dieselbe.

Hieraus läßt sich einsehen, durch welche Mittel die Ruderer der Alten die Bewegung des Schiffs, die nach dem Vordertheile gerichtet war, plötzlich nach dem Hintertheile zu wenden im Stande waren. Es sey nun, daß sie sich vor dem Feinde zurück zogen und ihm dabei immer das Vordertheil zeigen wollten, oder daß sie mit dem Hintertheile ans Ufer kommen wollten, um anzulanden. Dies nannten die Römer remis navem retro inhibere, und die Griechen πρύμνον κρούειν.

vorn, und indem er sich wieder aufrichtet, stemmt er den Körper gegen die Bank, oder gegen den Boden des Schiffes. Diese vorher gehende Neigung wird nothwendig dazu erfordert, damit der Griff des Ruders und das im Wasser schwimmende Blatt desselben desto größere Kreisbogen beschreiben, und dadurch die Action des Ruders verlängert werden könne. [12])

Aber die Wirkung des Ruderers auf das Fahrzeug, wenn er seinen rückwärts gewandten Körper gegen dasselbe stemmt, ist eine ganz andere, und wird durch andere Organe hervor gebracht, als die Wirkung, die er durch Hülfe des Ruders dem Wasser und dem Schiffe mittheilt. Die erstere wird durch die Action der Streckmuskeln des Rückgraths und der unteren Gliedmaßen, die zweite durch die Action der großen Brustmuskeln und anderer Muskeln der Arme und der Schultern erzeugt. Auch ist die erste dieser Wirkungen augenscheinlich viel geringer als die zweite.

So bald man diese beide Wirkungen erkennt und unterscheidet, so sieht man leicht den Erklärungsgrund einer Erfahrung ein, die Don Juan bei dieser Gelegenheit anführt. Aber man sieht auch ein, daß er diese Erfahrung nicht richtig erklärt, und daß er ohne Grund

12) Aus einem gleichen Grunde richten sich die Ruderer in die Höhe und erheben auch den Griff des Ruders, wenn sie es mit größerer und länger dauernder Kraft bewegen wollen. Die Griechen nannten solche Leute ὀρθιοκώπους.

Digitized by Google

glaubt, sie werde seine Meinung bestätigen, wenn sie mit Genauigkeit angestellt würde. [13])

Man begreift, daß sich von der Action der Ruder nur durch Hülfe nicht ganz genauer Voraussetzungen eine Theorie geben läßt.

Noch eine andere Betrachtung, die man bis jetzt zu vernachlässigen genöthigt war, hat auf diese Theorie einen wichtigen Einfluß. Diese bezieht sich auf die Wirkung, die der Ruderer in dem äußern Theile des Ruders hervor bringt, und wodurch dasselbe gebogen wird, wenn das Wasser mit hinreichender Gewalt dem schnell und anhaltend bewegten Ruderblatte widersteht. [14])

Doch ich lenke nach dieser vielleicht schon zu langen Abschweifung wieder ein.

V.

Das Schwimmen der Fische hängt ohne Zweifel wesentlich von der Action ihres Schwanzes ab, der in

13) Wahrscheinlich ist Don Juan zu seinem Irrthume durch das Beispiel eines Schiffers verleitet, der das Fahrzeug fortbewegt, indem er mit einer Stange gegen einen äußeren festen Körper stößt. (Abschn. II. §. V.) Aber dieser Schiffer bringt durch die Streckung seines Körpers nur eine Wirkung hervor: er stemmt sich gegen den äußeren Körper und treibt mit seinen Füßen die Barke vorwärts.

14) Das Biegen des Ruders nannten die Alten lentare ramos, (*Turneb.* adversar. IV. 22); und sie erzählten vom Herkules, daß er beim zu starken Rudern sein Ruder zerbrochen habe.

Digitized by Google

der That auch der fleischigste Theil ihres Körpers ist. Allein es gehört eine ganz eigenthümliche Art der Action des Schwanzes dazu, die Borelli zwar beschrieben hat, deren Wirkung aber auf den fortschreitenden Antrieb ihm unbekannt gewesen zu seyn scheint.

Wenn der Fisch zu schwimmen anfängt, so ist der Schwanz gegen den Theil des Körpers, in welchen er eingelenkt ist, seitwärts gebogen: zugleich aber bildet er eine andere Einbiegung, die sich sehr stark nach der entgegen gesetzten Richtung krümmt. Es biegt sich z. B. der Schwanz in dem Theile, der mit dem Körper zusammen hängt, zur Rechten, und das Ende desselben zur Linken. [15]) Hierauf zieht sich der Schwanz nach seiner ganzen Länge mit großer Schnelligkeit wieder in eine gerade Linie. [16])

Zufolge dieser Beschreibung, die Borelli gemacht, und die ich durch eigene Beobachtung bestätigt

15) Diese doppelte Biegung druckt Borelli in dem Texte (P. I. pr. 214.) aus, aber das Kupfer stellt sie nicht genau dar.

16) Die Schwanzflosse des Fisches verengt sich bei der Biegung, um die Bewegung zu erleichtern; sie erweitert sich in der Streckung, um die Bewegung zu verstärken.

Aber diese Nebenflosse des Schwanzes giebt keinesweges dem Fische den Antrieb, obgleich es Vicq d'Azyr behauptet. (Système anat. des animaux: discours prélim., p XLVIII.)

Beim Schwimmen des Wasser-Salamanders und der Froschlarve bemerkt man, daß ihr platter Schwanz ähnliche Undulationen bewirkt, wie der Schwanz der Fische.

Digitized by Google

habe, will ich nun das Schwimmen der Fische im Allgemeinen erklären.

Bei der Bewegung, die vor dem Schwimmen hergeht, biegt sich der ganze Schwanz, indem er sich zugleich nach dem Kopfe hin krümmt, seitwärts in zwei Krümmungen: diese gehn nach entgegen gesetzten Richtungen wechselsweise zur Rechten und zur Linken. [17])

Sind diese Krümmungen dergestalt gebogen, so wirken nun die Streckmuskeln darauf, sie wieder gerade zu ziehn: dadurch wird das Wasser fortgetrieben, dessen Widerstand dieser Streckung entgegen steht. Hierauf bildet sich, nicht am Ende, sondern ungefähr in der Mitte des dergestalt zwiefach gekrümmten Schwanzes ein Mittelpunkt der Bewegung, der unstreitig veränderlich ist, aber um den die Kräfte der Streckmuskeln der beiden Krümmungen und die Widerstände des Wassers und des Körpers des Fisches sich das Gleichgewicht halten.

Wenn also in dieser Art von gebrochenem Ruder, welches der Schwanz darstellt, die Streckmuskeln der beiden entgegen stehenden Krümmungen zu gleicher Zeit agiren, so müssen sie dem Körper eine Projections-Bewegung um die Spitzen beider Krümmungen mittheilen. Sie werfen den Körper des Fisches mit desto

17) Im Ganzen stehn die Flächen des mit Gräthen zu beiden Seiten versehenen Rückgraths und der Schwanzflosse bei Fischen senkrecht auf der Breite ihres Körpers. Aber bei den platten Fischen sind diese Flächen horizontal oder sie liegen parallel mit der Breite des Körpers.

Digitized by Google

mehr Kraft fort, je mehr das Wasser dem Schwanze in seiner starken und schleunigen Streckung widersteht.

Aber diese Bewegungen gehn nach entgegen gesetzten Richtungen; sie vereinigen sich, und bringen einen mittleren Antrieb hervor, dem zu Folge der Körper des Fisches vorwärts geworfen wird, statt daß sie nur, wenn jede derselben für sich allein wirkte, eine wechselseitige Bewegung der verschiedenen Theile des Fisches hervor bringen könnten.

VI.

Beim Schwimmen der Aale und der ihnen ähnlichen Fische biegen sich außer dem Schwanze auch andere Theile des Körpers in wechselseitige Krümmungen, die sich plötzlich in entgegen gesetzte Krümmungen verwandeln. Auf diese Art vervielfältigen sich die Ursachen und Kräfte, wodurch der Körper des Aals vorwärts getrieben wird. Dies war um so nothwendiger, je mehr der sehr lange Körper gegen den schwachen Schwanz absticht, und je weniger dieser also das einzige Werkzeug der fortschreitenden Bewegung seyn kann. [18])

Die besondere Biegsamkeit des Rückgraths bei den aalförmigen Fischen macht, daß die Biegung des Schwanzes und des Körpers, dessen Streckung bei ihm die fortschreitende Bewegung hervor bringt, gemeiniglich eine spiralförmige Windung annehmen.

18) Plinius sagt (lib. X. f. 27.) nach dem Aristoteles: Anguillae et muraenae flexuoso corporum impulsu ita mari utuntur, ut serpentes terra.

Digitized by Google

Es scheint, daß man nur bei aalförmigen oder bei solchen Fischen, deren Rückgrath höchst biegsam ist, eine gerade rückwärts gehende Bewegung beobachten kann. Zu diesen gehört z. B. der Zitteraal, von dem Parden sagt, [19]) er schwimme eben so gut rückwärts als vorwärts. Offenbar wird bei diesen Thieren der rückwärts gehende Antrieb hauptsächlich durch die Windungen des Vordertheils der Wirbelsäule hervorgebracht.

Denselben Mechanismus, den man bei dem Schwimmen aalförmiger Fische bemerkt, kann man auch bei den Wasserschlangen wahrnehmen.

Es giebt wirklich Schlangen, die in gerader Linie auf der Oberfläche des Wassers hin schwimmen können. Die Klapperschlange z. B. schießt pfeilschnell über das Wasser weg und aus demselben hervor. Aus dem Vorhergehenden erhellet, wie die Schlange fortkommt, indem sie mit ihrem doppelt gekrümmten Schwanze das Wasser schlägt, während sie ihren übrigen Körper, der wegen seiner specifischen Leichtigkeit an der Oberfläche des Wassers bleiben kann, in einer mehr oder weniger aufgerichteten, und durch die Muskeln der Rückgrathgelenke fixirten Stellung erhält. Diese Muskeln können auch, indem sie eine große Menge kleiner Bogen bilden, dazu beitragen, daß die Schlange auf dem Wasser kriecht. (Abschn. IV. §. XIV.) [20])

19) Philos. transact., vol. LXV. n. 11.

20) Gouan erklärt die rückwärts, wie die vorwärts gehende Bewegung des Fisches durch die Action seiner Brustflossen,

Digitized by Google

Dergestalt zieht die Schlange Furchen im Wasser, die um so tiefer sind, je mehr ihr horizontaler Antrieb geschwächt wird. Aber indem sie das Wasser hinter sich wegstößt, bildet sich am Ende jeder Furche ein Widerstand, der dazu beiträgt, daß die Schlange, vermöge eines neuen Spiels mit dem Schwanze, sich über dem Wasser in die Höhe richten, ja selbst sich in die Luft fortschnellen kann, wenn der zurück gebogene Schwanz das Wasser mit hinreichender Stärke in einer mehr oder weniger gegen den Horizont geneigten Richtung schlägt.

VII.

Verschieden von diesem ist das Schwimmen derer Fische, die einen platten Körper haben, wie der Rochen, die Scholle, die Steinbutte und der Stachelrochen.

Aristoteles und Plinius haben wohl eingesehn, daß diese platte Fische auch auf ihrer breiten Seite schwimmen. [21]) Fabricius von Acqua-

die der Fisch im letzteren Falle von vorn nach hinten, im ersteren von hinten nach vorn bewegt. Aber ich habe schon, nach Borelli, du Hamel und Bonnet, gesagt, daß die Flossen nur geringfügige Bewegungen, die entweder nach vorn oder hinten gehn, hervor bringen.

21) Aristoteles (de animal. incessu, c. 9.) sagt, die Fische bedienen sich beim Schwimmen so wohl der ganzen Breite ihres Körpers als der Flossen, welches Plinius so ausdruckt: ipsa corporis latitudine natant. Die durchaus platten, setzt er hinzu, bedienen sich zwei kleiner Flossen, und

pendente bemerkte, [22]) daß diese Fische im Schwimmen den Rückgrath hinauf und hinunter biegen.

Diese Bewegung pflanzt sich vom Schwanze aus fort; der letztere wird nicht seitwärts, sondern unter den Bauch dieser Fische gebogen. In dieser Rücksicht machen sie also eine Ausnahme von der allgemeinen Theorie, die ich vom Schwimmen der Fische gebe.

In der That kann der Schwanz auf gleiche Weise den Körper dieser Fische geradeaus treiben, er mag nun bloß einfach oder wechselsweise nach entgegen gesetzten Richtungen gebogen werden.

Der Antrieb, den der Körper dadurch bekommt, geht durch den Schwerpunkt, und richtet sich nach der geraden Linie, nach welcher der platte Fisch sich bewegen will, indem er vorher vermittelst seiner großen und starken Flossen den Körper gedreht hat.

Auf diese Art bemerken wir bei der Scharbe, die ihre Pfoten einwärts gekehrt hat, daß die eine Pfote durch den Schlag auf das Wasser das letztere gerade unter die Mitte des Körpers treibt, und daß also dieser

außerdem schwimmen sie mit den Enden des Umfangs des Körpers, die sie wechselsweise aufrichten und biegen.

22) De natatu, p. 19. Diese große Biegsamkeit des Rückgraths giebt den Fischen das Vermögen, auf dem Sande oder dem Grunde des Meeres zu kriechen. Dies druckt Claudian vom Krampffische so aus:

Illa quidem mollis, segnique obnixa natatu
reptat, et attritis vix languida serpit arenis.
(Idyll., III. v. 3. 4.)

Vogel nun geradeaus gehen kann, da er sich hätte drehen müssen, wenn die Pfote nach außen gekehrt auf das Wasser gewirkt hätte. Eben diese Bemerkungen können auf das Schwimmen des Wallfisches angewandt werden, dessen Schwanz wagerecht auf dem Wasser liegt.

Durch Hülfe dieses ausnehmend mächtigen Schwanzes schießt der Wallfisch mit einer Schnelligkeit vorwärts, die bei der ungeheuern Masse seines Körpers erstaunenswürdig ist, um so mehr, da seine Flossen nur zur Richtung der Seitenbewegungen dienen.

Der Delphin ist eine Wallfischart, die sich ebenfalls mit außerordentlicher Geschwindigkeit bewegt: und zwar geschieht dies weder vermittelst seiner kurzen Arme, noch vermöge seiner kleinen Flossen, sondern vielmehr durch die Wirkung seines Schwanzes. [23]) Pallas hat die Bewegung des letzteren bei derjenigen Art bemerkt, die er Delphinus leucas nennt. Dieser schlägt im Schwimmen seinen Schwanz hinunter, nach Art der Krebse, und schießt wie ein Pfeil dahin, indem er das Wasser dergestalt mit großer Kraft forttreibt.

VIII.

Der Schwanz des Fisches ist zwar das vornehmste Werkzeug seiner fortschreitenden Bewegungen; aber

23) Belon versichert, der Schwanz dieses Thiers enthalte keine Knochen, sondern eine sehnichte Masse, die runde Scheibchen bilde, welche sich an einander legen, ohne durchlöchert zu seyn.

Digitized by Google

die Richtung, die er sich giebt, wird besonders durch das Spiel seiner verschiedenen Flossen bestimmt. Diese fixiren die Lage, die der Fisch bei jeder seiner Bewegungen annehmen und erhalten soll, je nachdem sie einzeln oder in Verbindung wirken. Indem z. B. der Fisch seine Flossen zur Rechten ausdehnt und die zur Linken zurück biegt, so muß er nothwendig sich zur Linken wenden.

Die Flossen sind auch sehr bequem eingerichtet, um den Fisch in der Wasserfläche zu erhalten, worin er ruhig bleiben oder sich bewegen soll. Um ihn im Gleichgewichte zu erhalten, können sie sich alle zugleich erweitern, und in verschiedenen Fällen eine die Stelle der anderen vertreten. [24])

Die Bauchflossen dienen vorzüglich zur Sicherung der Lage des Fisches auf dem Bauche. Diese könnte sonst für den Fisch nicht natürlich seyn, weil der Schwerpunkt seines Körpers im Rücken und über dem Mittelpunkte seiner Größe liegt, wie es Borelli bemerkt hat. [25]) Aber das Spiel dieser Flossen verhindert das Ueberschlagen des Körpers zu den Seiten, wenn das Gleichgewicht seines Körpers gestört wird.

24) So sagt Gouan: ein Fisch, dem man die Bauchflossen weggeschnitten, könne seine Bewegungen noch immer vornehmen. Aber er bewege und strecke nun desto stärker seine Brust-, Rücken- und Steißflossen. Ein Fisch, setzt er hinzu, dem man die Rücken- und Steißflossen weggenommen, wankt von einer Seite zur anderen, und streckt desto stärker die Brust-, Bauch- und Schwanzflossen.

25) P. I. pr. 212.

Digitized by Google

Borelli hat wahrgenommen, daß ein Fisch, nach weggeschnittenen Bauchflossen, keine feste Stellung im Wasser behalten kann, sondern beständig hin und her wankt.

Gouan hat dieselbe Erfahrung gemacht: er hat auch gesehn, daß der Fisch jedes Mahl sich auf die Seite neigt, wo man ihm eine Bauch- oder Brustflosse weggeschnitten hat.

Goldsmith bemerkte über dies, daß, wenn der Kopf des Fisches klein ist und in einen langen Schnabel ausläuft, er keine Bauchflossen und sehr unbedeutende Brustflossen zu haben pflegt: daß hingegen die letzteren sehr groß und mehr nach vorn stehn, wenn der Kopf des Fisches sehr dick und schwer in Verhältniß gegen seinen Schwanz ist. Natürlich dienen dann die Brustflossen zur Verhütung des Ueberstürzens.

Mehrere diesen ähnliche Bemerkungen kann man noch hinzu fügen. Ich bemerke z. B., daß bei dem Schwertfische die Flossen eine ganz eigene Form haben: die Schnauze dieses Fisches hat bekanntlich mit einer Degenklinge große Aehnlichkeit, und der sehr lange Körper verengt sich allmählig vom Kopfe an. Die Flossen dieses Fisches sind weder eigentliche Bauch- noch Brustflossen, sondern sie stehn zwischen beiden mitten inne. Sind sie ausgedehnt, so haben sie einen sichelförmig gekrümmten Rand, und sie dehnen sich zu einem beträchtlichen Raume aus, der nach dem Schwanze hin allmählig abnimmt. [26])

26) Man vergleiche die Abbildung in *Blasius* anatom. animal.

Die Rückenflossen dienen dazu, daß die Fische ihre senkrechte Lage behalten, weil sie dem Seitenstoße des Wassers, worin sie sich aufhalten, Widerstand leisten.

Gouan sah, daß, wenn ein Fisch alle Rückenflossen auf Ein Mahl zusammen zieht, oder wenn man sie wegschneidet, er anfängt hin und her zu wanken, und bald auf die eine, bald auf die andere Seite zu fallen. Es kann der Fisch, nach weggeschnittenen Rückenflossen, selbst in der Folge auf dem Rücken liegen bleiben, wenn sein Rücken viel schwerer wird als sein Bauch.

Die Rücken- und Schwanzflossen haben auch außerdem den Nutzen, daß sie das Wasser leichter theilen, damit der Fisch weniger Widerstand finde. Man hat wirklich bemerkt, daß der Fisch diese Flossen aufrichtet, wenn er gegen den Strom schwimmen will.

Daher sind die letzteren Flossen hauptsächlich in der Rücksicht nützlich, daß der Fisch unter dem Wasser weniger Widerstand von oben her empfinde, wenn er sich von unten nach oben bewegt. Von diesem Zwecke der Rücken- und Schwanzflossen kann man sich am besten überzeugen, wenn man die anderthalb Fuß hohe Rückenflosse des Delphins betrachtet; wenn man weiß, daß gerade dieser Fisch sich mit der größten Schnelligkeit aus der Tiefe des Meeres auf seine Oberfläche erheben kann. Hierher gehört auch die lange Spitze, oder der degenförmige Stachel, den der Nordkaper, ein erstaunlich schneller Fisch, auf seinem Rücken trägt, und der bisweilen drei bis vier Fuß hoch ist.

Digitized by Google

IX.

Die Seitenflossen dienen, wenn sie ausgedehnt sind, zur Mäßigung der Bewegung, die schon dem Körper des Fisches mitgetheilt ist; so wie man die Bewegung eines Schiffes aufhalten kann, wenn man die Blätter der Ruder flach auf die Oberfläche des Wassers legt.

Die Kräfte, die der Fisch anwendet, um die übereinstimmenden Seitenflossen auszuspannen, sind sich gleich, wenn der Fisch sich in stillem Wasser bewegt. Aber muß er gegen den Strom schwimmen, so strengt er vorzüglich die Flossen auf der entgegen gesetzten Seite an, wenn der Strom von einer Seite kommt.

Die Bewegungen dieser Flossen verbinden und modificiren sich dergestalt, daß sie den Körper des Fisches in der Richtung erhalten können, die ihm anfangs gegeben worden. Dergestalt stellen die beiden Hälften des Körpers, zu beiden Seiten seiner Axe, der Flüssigkeit, worin er sich bewegt, gleiche Kräfte entgegen, und erleiden von derselben gleiche Widerstände.

Wenn irgend ein fester Körper sich in einer Flüssigkeit bewegt, so muß, wenn er seine anfängliche Richtung behalten soll, ein Gleichgewicht zwischen den beiden hervor stechenden Kräften der Widerstände der Flüssigkeit gegen die Oberflächen dieses Körpers, die zu beiden Seiten der ursprünglichen Directions-Linie liegen, statt finden: denn sonst würde die Wirkung des totalen Widerstandes der Flüssigkeit alle Augenblicke ihre Richtung verändern, und natürlich müßte dies

bei dem festen Körper auch der Fall seyn. [27]) So wie also die Geschwindigkeit des letzteren bei dem Widerstande der Flüssigkeit abnähme, so müßte dieser Körper eine krumme Linie beschreiben, oder sich in die Queere bewegen.

Einige Arten Fische haben sonderbar gestaltete und sehr große Brustflossen, vermöge deren sie im Stande sind zu fliegen, zu springen, und vielleicht sogar zu gehen.

Verschiedene fliegende Fische, nahmentlich der Seedrache, die Seeschwalbe, und die Dorade, spannen ihre Brustflossen wie breite Fittige aus, und erheben sich dergestalt nicht allein über die Oberfläche des Wassers, sondern sie können sich auch in der Luft erhalten, und auf eine gewisse Weise, wenigstens eine sehr kurze Zeit lang, darin fliegen.

Cook sah in Neu-Südwallis einen kleinen Fisch, der zwei sehr starke Brustflossen hatte: vermittelst derselben sprang er so behende wie ein Frosch, auch selbst über trockenes Land hin.

Belon berichtet, daß die großen Brustflossen des Seeteufels oder Froschfisches in fünf Strahlen oder fingerförmige Gliedmaßen eingetheilt sind, und zwei Füße bilden, die den Füßen des Landfrosches ähnlich sind. Wahrscheinlich bedient er sich derselben, um auf dem Boden des Meeres zu gehen. Diese Meinung ist zwar von Rondelet verlacht, aber von Willoughby wieder vertheidigt worden.

27) *Bezout* cours de mathém., P. IV. n. 413.

X.

Die Schriftsteller, die von den Bewegungen der Fische gehandelt, haben als ein besonderes Werkzeug derselben die Luftblase betrachtet, die fast alle diese Thiere besitzen.

Diese häutige Blase hat keine Muskelfasern; sie liegt zwischen dem Magen und den Rückenwirbeln, die entweder mit den Ribben oder mit Queer-Fortsätzen, die ihre Stelle vertreten, zusammen hängt: aus dieser Blase führt ein Kanal in den Magen oder in den Schlund.

Man hat daran gezweifelt, daß die Luft in dieser Blase aus dem Blute abgesondert werde: man hat sie vielmehr aus den Nahrungsmitteln im Magen ableiten wollen. Needham meinte, diese Luft diene zur Beförderung der Verdauung: aber das ist eine bloße Vermuthung, der man um so weniger Beifall geben kann, je schwerer die Luft aus der Blase durch einen Druck in den Magen übergeht.

Zur Erhaltung des Gleichgewichts ist eine gewisse Erweiterung der Luftblase unumgänglich nöthig: [28]) denn man hat bemerkt, daß die Fische sogleich auf den Grund des Wassers fallen, und sich nicht wieder von

28) Selbst der Wallfisch hat einen darmförmigen Behälter von beträchtlichem Umfange, der aus der Tiefe des Rachens entsteht und mit Luft angefüllt ist. Willkührlich hält er die Luft darin zurück oder treibt sie heraus. Dadurch wird er entweder schwerer und senkt sich auf den Grund des Meeres, oder leichter und erhebt sich an die Oberfläche.

Digitized by Google

demselben erheben können, wenn ihre Luftblase geplatzt ist. Dies haben Borelli und Duvernoy im luftleeren Raume deutlich genug beobachtet. Eben dasselbe geschieht, wenn man die Blase bloß von Luft entleert, welchen Versuch Gouan mehrmahls wiederhohlt hat. Die Fischer pflegen selbst die Luftblase mit einer Nadel zu durchstechen, wenn sie wollen, daß die Fische auf den Grund des Wassers fallen und dort lebendig erhalten werden sollen.

Da Borelli bemerkte, [29]) daß ein Fisch in jeder Höhe des Wassers sich erhalten kann, ohne den Schwanz und die Flossen zu bewegen; so meinte er, durch Erweiterung und Verengung seiner Luftblase könne der Fisch die specifische Schwere seines Körpers vermehren oder vermindern, um sie der Schwere der Wasserlage gleich zu machen, wo er sich aufhalten will. [30])

29) P. I. pr. 210.

30) Der Unterschied der specifischen Schwere, wodurch der Fisch sich erhebt oder sich im Wasser niedersenkt, ist bei der Muräne oder der Lamprete besonders, nach dem Zeugnisse der Alten, sehr unbeträchtlich: denn sie soll, wenn sie der Sonne auf der Oberfläche des Wassers lange ausgesetzt gewesen ist, nicht mehr gut untersinken können. So sagt Martial:

Quae natat in siculo grandis muraena profundo,
Non valet exustam mergere sola cutem.

(Lib. XIII. ep. 80.)

Macrob. saturn., II. 11.

Eben so behauptet Plinius von den Schildkröten, daß sie nicht wieder auf den Boden des Meeres gehn können,

Digitized by Google

Durch dieses Mittel allein kann der Fisch, nach Borelli's Meinung, sich erheben, hinab sinken, und sich in einer bestimmten Höhe erhalten; wenn auch die Veränderungen der Dichtigkeit der verschiedenen Wasserlagen und des Gewichts seines Körpers noch so verschieden sind.

In der That aber sind diese Veränderungen der specifischen Schwere, so wohl des Wassers als des Fisches selbst, nicht sehr beträchtlich. Der willkührliche Stand der Fische in dieser oder jener Höhe kann in verschiedenen Fällen durch eine sehr mäßige Zunahme des gewöhnlichen Umfanges der Luftblase hervor gebracht werden, zumahl da diese gewöhnliche Erweiterung hinreicht, um den Ueberschuß der Schwere des Fisches über die Schwere einer gleich großen Wassermasse auszugleichen.

XI.

Diese Theorie des Borelli hat man allgemein angenommen. Aber von dem Mechanismus, womit diese Erweiterung der Luftblase geschieht, hat er so wenig als irgend ein Anderer eine wahrscheinliche Erklärung gegeben.

Borelli sah ein, daß man die Verengerung der Blase durch den Druck der Bauchmuskeln erklären könne. Aber für die Erweiterung bekennt er, nur

wenn sie lange Zeit den Sonnenstrahlen auf der Oberfläche ausgesetzt gewesen sind.

Digitized by Google

schwache und unbestimmte Ursachen angeben zu können.[31]) Er geräth sogar auf den Gedanken, daß der Fisch an die Oberfläche des Wassers, um frische Luft zu schöpfen, empor kommen müsse, und daß sich dergestalt seine Luftblase erweitere.

Allein diese Meinung widerstreitet augenscheinlich der Erfahrung, nach welcher die Fische nur selten aus dem Wasser hervor kommen, da doch die abwechselnde Erweiterung und Erschlaffung ihrer Luftblase unaufhörlich wiederhohlt werden muß.

Es ist mir sehr wahrscheinlich, daß die Erweiterung dieser Blase durch die Zusammenziehung verschiedener Portionen von Gouan's Seitenmuskeln bewirkt wird: diese Vermuthung gründe ich auf folgende Umstände.

Borelli hat sehr scharfsinnig bemerkt,[32]) daß diejenigen Schildkröten, die weder Ribben noch Zwerchmuskel, und statt der Lungen große Blasen haben, die sich in langen Zwischenzeiten anfüllen und ausleeren, daß diese Muskeln besitzen, welche an der Haut fest sitzen, im erschlafften Zustande gegen die inneren Theile einen erhabenen Bogen bilden, und die, wenn sie sich zusammen ziehn, die innere Brusthöhle erweitern,

31) P. I. p. 211. Er sah ein, daß die Erweiterung der Luft in der, bei nachlassendem Drucke der Bauchmuskeln, erschlafften Blase eine zu schwache Ursache ist, als daß dadurch der Unterschied der specifischen Schwere, wodurch der Fisch sich an die Oberfläche erhebt, erklärt werden könne.

32) P. I. pr. 95.

Digitized by Google

und dergestalt das Eindringen der frischen Luft in jene Blasen bewirken.

Diese Muskeln der Schildkröten scheinen mir den fleischigen Körpern der kleinen Queermuskeln ähnlich zu seyn, aus welchen jeder Seitenmuskel der Fische zu bestehen scheint. Jeder dieser kleinen Queermuskeln hat in der Mitte eine gebogene Fleischmasse, deren Convexität in die Aushöhlung des vorher gehenden kleinen Muskels paßt. Auf den Seiten bemerkt man zwei Sehnen, die gleichfalls durch die Sehnen des vorderen Muskels bedeckt und nach der entgegen gesetzten Richtung gebogen sind, oder deren Convexität gegen den Schwanz gekehrt ist. Diese kleine Muskeln hängen inwendig an den Ribben und an den Rückenwirbeln fest. 33)

Wenn in jedem dieser kleinen Muskeln die mittlere Fleischmasse zusammen gezogen wird, so richtet sich die gebogene Portion desselben nach der Seite gerade, wo sie den wenigsten Widerstand findet. Vermöge einer Bewegung, die durch die entgegen gesetzte Richtung der Sehnen dieses Muskels noch erweitert wird, muß er sich also nach außen flach machen. Diejenigen Queermuskeln aber, welche an den Ribben fest hängen, können auf diese Art nach außen nicht flach gezogen werden, ohne die Enden der Ribben von einander zu entfernen, und ohne in dieser Gegend den Raum zu erweitern, den die inneren Theile einnehmen. Hieraus

33) *Gouan* l. c. p. 17.

Digitized by Google

folgt dann natürlich die Erweiterung der Blase und die Verdünnung der darin enthaltenen Luft.

Uebrigens bleibt noch viel über die Ursachen der Entwickelung der Luft und über die Wege, auf welchen sie in die innersten Theile des Körpers des Fisches gelangt, zu entdecken übrig.

So hat man noch nicht erklärt, woher die kleinen Luftblasen kommen, die man überall auf der Oberfläche des Körpers zwischen den Schuppen hervor brechen sieht, wenn man einen Fisch unter die Glocke der Luftpumpe gebracht hat. Es ist noch nicht erklärt, wie sich der Stachelfisch (*Diodon* ocellatus) willkührlich aufblasen kann, wie Osbeck bemerkt hat. [34])

XII.

Diese Theorie von dem Mechanismus der veränderlichen Erweiterung der Luftblase scheint mir Borelli's Lehre über den Nutzen dieses Organs zur Erhaltung des Gleichgewichts in verschiedenen Höhen des Wassers, noch vollständiger zu machen.

Ueber dies aber glaube ich auch, daß die verschiedenen Erweiterungen, die der Fisch verschiedenen

34) Das Chamäleon hat ebenfalls die Fähigkeit, sich aufzublasen. Wahrscheinlich geschieht dies vermöge der geathmeten Luft, die sich auf unbekannten Wegen zwischen die Muskeln und die Haut hinein schleicht. *(Perrault.)*

Auch bemerke ich, daß man Stenonis Beobachtungen über die leeren Hautgefäße noch nicht benutzt hat, die er hinter dem Kopfe und in anderen Theilen des Aals und anderer Fische entdeckte.

Theilen seiner Luftblase geben kann, zur Unterhaltung seiner fortschreitenden Bewegung sehr zweckmäßig sind. In Rücksicht auf diesen neuen, von mir anzugebenden, Zweck kann diese Blase, nach einem sehr genauen Begriffe, den Nahmen der Schwimmblase führen.

Man weiß, daß der Fisch am Grunde des Wassers bleiben muß, wenn seine Luftblase geplatzt ist: folglich kann er nicht anders schwimmen, als wenn er sich durch Hülfe dieser erweiterten Blase erhebt. Der Fisch erhebt sich, indem er sich leichter macht, als ein gleiches Volum Wasser, bis er zu einer Höhe gelangt ist, wo er vermittelst seines Schwanzes und seiner Flossen schwimmen kann: so wie der Vogel, wenn er an der Erde steht, nicht eher zu fliegen anfangen kann, als bis er sich zu einer Höhe erhoben hat, wo seine Flügel eine hinlängliche Wirkung thun können.

Aber selbst in Rücksicht auf die Bewegungen beim Schwimmen scheint mir die verschiedene Erweiterung der Luftblase in ihren verschiedenen Theilen einen vorzüglichen Nutzen zu haben.

Damit die verschiedenen Theile des schwimmenden Fisches sich nicht um seinen Schwerpunkt drehn, müssen die hervor stechenden bewegenden Kräfte Richtungen haben, die in diesem Schwerpunkte zusammen laufen. [35])

Wir haben von den nothwendigen Antrieben, die der Schwanz dem Körper des Fisches beim Schwimmen

35) *Bezout* leçons de mathém., P. IV. n. 322.

mittheilt, so wie von den Wirkungen der Flossen auf denselben unter unendlich vielen Umständen dieser fortschreitenden Bewegung, gehandelt. Daraus erhellet, daß die hervor-stechenden Kräfte des Schwanzes und der verschiedenen Flossen nicht anders den Fisch mit Sicherheit nach einer geraden Linie forttreiben können, als in so fern die Richtungen dieser Kräfte in dem Schwerpunkte zusammen laufen.

Nun aber werden die Bemühungen des Thiers zur Richtung der überwiegenden bewegenden Kräfte nach dem Schwerpunkte desto leichter ihren Zweck erreichen, je eher dieser Schwerpunkt seinen Ort verändert und in den verschiedenen Stellungen des Fisches oder bei verschiedenen Stößen, die er von außen erhält, entweder mehr nach vorn oder mehr nach hinten fixirt wird.

Aber die veränderliche und ungleiche Erweiterung der Theile der Luftblase wird nun auch ein Mittel, wodurch der Fisch zum Theil die nach und nach entstehende Verschiebung seines Schwerpunktes, die in mehreren Umständen so vortheilhaft ist, veranlaßt.

Betrachtet man die Luftblase, als wäre sie in zwei Theile, nämlich den vorderen und hinteren, getrennt; so kann jeder dieser Theile mehr oder weniger erweitert werden, als der andere, während die totale Erweiterung der Blase dieselbe bleibt, oder während der Fisch im Wasser ruhig stehen bleibt.

Es muß nämlich die Erweiterung der Blase entweder durch die Zusammenziehung oder Erschlaffung

der Muskeln bewirkt werden. Man braucht nur anzunehmen, daß die Muskeln z. B. in der vorderen Hälfte des Körpers sich kräftiger zusammen ziehn, oder sich mehr erschlaffen, um einzusehn, daß eine größere Leere oder eine mehrere Entwickelung der elastischen Luft in diesem vorderen Theile eine viel beträchtlichere Erweiterung des vorderen als des hinteren Theils der Blase verursacht.

Nun aber wird der vordere Theil des Körpers alsdann wegen dieser viel größeren Erweiterung der vorderen Hälfte der Luftblase viel leichter, als er in dem gewöhnlichen Zustande vor Erweiterung dieser Blase gewesen ist. Daher muß der Schwerpunkt des Fisches alsdann nothwendig nach hinten fallen, da er im entgegen gesetzten Falle nach vorn getrieben werden würde.

Die verschiedenen Theile der Luftblase des Fisches scheinen mir desto empfänglicher für diese ungleiche Erweiterungen zu werden, je länglicher und unregelmäßiger ihr Bau ist, und je mehr sie oft in der Mitte durch eine enge Stelle in zwei Hälften getheilt erscheinen. [36])

XIII.

Die platten Fische haben keine Luftblase. Aber sie können leichter als andere ihre Wirbelsäule hinauf und hinunter biegen.

36) Diese Form entspricht der Figur, welche Borelli (P. I. tab. XIII. fig. 10.) von dieser Blase gegeben hat.

Digitized by Google

Wenn sie nicht auf dem Grunde kriechen, so können sie sich auch vorwärts erheben, und dergestalt in der Folge von den Antrieben des Schwanzes und der Flossen fortgetrieben werden, welche letztere ihren Körper im Wasser erheben, indem sie sich auf den Boden stützen. So schief auch die Stellung seyn mag, die diese Fische in einer jeden Höhe annehmen, so können sie sich dennoch in derselben erhalten, wenn sie die breite Oberfläche, womit sie sich auf die untere Wasserlage stützen, mehr oder weniger ausdehnen.

Wenn diese platte Fische schwimmen, so veranlaßt die Biegung ihres Rückgraths nach oben und unten öftere Verschiebungen des Schwerpunkts. Daher können dann die Richtungen der hervor stechenden bewegenden Kräfte desto leichter in diesem Punkte zusammen laufen.

Durch diese Veranstaltung wird dem Mangel der Luftblase abgeholfen: jedoch geschieht dies immer nur auf unvollkommene Art; denn die Fische, die im Schwimmen die eine breite Seite nach oben richten, bewegen sich immer in schiefer Richtung.[37]) Es macht ihnen Mühe, die hervor stechenden unter ihren Bewegkräften immer standhaft nach ihrem Schwerpunkte zu richten. Daher dreht sich ihr Körper immer etwas um diesen Punkt und wird in die Queere fortgetrieben.

37) Dies bemerkt Blumenbach a. a. O. S. 292.

XIV.

Ich will dieses Kapitel mit einigen Bemerkungen über das Schwimmen der Wasservögel und der Wassergewürme beschließen.

Man kennt die Vortheile der Schwimmhaut, die die Zehen der Wasservögel verbindet. Am deutlichsten fallen diese bei den Sturmvögeln auf. Diese können über die Oberfläche der ungestümsten Meere mit Leichtigkeit hin laufen, indem sie mit der Fläche ihrer Schwimmfüße die Wogen plötzlich schlagen, während ein Theil der Last ihres Körpers auf dieser Oberfläche dadurch getragen wird, daß die lang ausgedehnten Flügel von der Luft unterstützt werden.

Verschiedene Wasservögel, besonders der Schwan und die wilde canadische Gans, bewegen bei jedem Ruderschlage, den ihre Füße beim Schwimmen thun, ihren Kopf sehr stark von hinten nach vorn. Durch dieses Mittel ziehn sie ihren Vorderleib vor, und der Antrieb ihrer Beine kann auf denselben desto eher gerichtet werden.

Ueberhaupt stehn bekanntlich die Beine der Wasservögel so weit von dem Schwerpunkte ihres Körpers entfernt, daß sie zwar sehr leicht schwimmen, aber nur mit großer Mühe gehn können. Man weiß, wie kümmerlich der Gang der Enten ist, und wie sie beständig mit der Brust und dem Hinteren hin und her wanken.

Es giebt sogar eine Art Enten (*Anas* merſa), die fast gar nicht gehn kann und im Schwimmen

Digitized by Google

den Hinterleib ganz unter dem Wasser hält. [38]) Vermöge dieses Baues sind diese Vögel sehr geschickte Taucher: denn da der Hinterleib näher an seinen Stützen steht, und durch den Antrieb der Füße gegen die obere Wasserlage leichter erhoben werden kann, so wird jene schaukelnde Bewegung, die zum Tauchen erfordert wird, dadurch desto leichter.

Die Wasser-Insecten bewegen sich auf eine sehr verschiedene und zum Theil seltsame Weise. Einige haben das Vermögen Wasser zu verschlucken und es mit Gewalt durch den Hinteren wieder von sich zu geben, wodurch sie nach vorn getrieben werden. Diese Wirkung wird durch die Reaction des fortgedrängten Wassers, die nicht sogleich wieder aufhört, hervor gebracht.

Wenn der kleine Wasserkäfer untertaucht, so weiß er eine kleine Luftblase in seinem Schwanze zu verschließen, wodurch er nun leichter wird, und die Kraft bekommt, sich im Wasser zu einer verschiedenen Höhe zu erheben. In eben dieser Absicht scheinen mehrere Wasser-Insecten durch ihren Hinteren Athem zu hohlen.

Das Räderthier hat an der vorderen Seite seines Körpers zwei Rädchen, die durch fast unmerkliche Fäden gebildet werden. Durch die Erschütterung dieser Räder erzeugt es schnelle Wirbel, die dazu dienen, daß es sich im Wasser erheben, niedersenken, und darin schwimmen kann. [39]) Es scheint indessen die Art, wie

38) Pallas Reisen, Th. III. S. 61.

39) *Vicat* Supplém. au dictionn. d' hist. natur. de *Bomare*.

sich dies Thier vermittelst dieser Wirbel bewegt, noch nicht hinlänglich erklärt zu seyn, zumahl, da die ganze Rotation, nach Vicq d'Azyr's Bemerkung, nur ein optischer Betrug ist. Vielleicht entbindet es aus dem Wasser die Luft, indem es das Wasser durch Hülfe seiner Dreh-Werkzeuge zertheilt: so verschluckt es eine Blase u. s. w.

Bekanntlich schwimmen mehrere Schaalenthiere, als Krabben und Krebse, die auf der Erde nur rückwärts gehen können, im Wasser vor- und rückwärts, je nachdem sie mit ihrem Schwanze das Wasser von hinten nach vorn oder von vorn nach hinten treiben, und diese Wirkung ihres Schwanzes durch die Bewegung ihrer Füße begünstigen. Es giebt unter diesen Schaalenthieren einige, die mit ausnehmender Geschwindigkeit schwimmen, wie Plinius von einer Art, die er Dromon nennt, versichert. Eine ähnliche Geschwindigkeit bemerkt man auch bei den Bewegungen anderer Wasser-Insecten, als der Wasserspinnen u. s. w.

XV.

Alle und jede Beobachtungen der Naturforscher über die fortschreitenden Bewegungen verschiedener Wassergewürme, der Polypen, Mollusken und Schaalenthiere, kann ich hier nicht anführen. Ich schränke mich bloß auf eine Beobachtung ein, die ich über die Bewegungen des Nautilus gemacht habe. In der

That hat die Schifffahrt dieser Schnecke die Bewunderung der Naturforscher zu allen Zeiten erregt. 40)

Neuere Schriftsteller haben dem Nautilus-Wurme den Nahmen: Papier-Argonaut, gegeben, und Rumphius bemerkte, daß derselbe zur Gattung der Dintenfische gerechnet werden müsse.

Wenn während einer Windstille dies Thier sich an die Oberfläche des Wassers erheben will, so kehrt es sein Schaalengehäuse dergestalt um, daß die Schärfe des Schiffskiels nach unten steht. Ist es an die Oberfläche gekommen, indem es seine Arme, wie Balancir-Stangen, sehr schnell bewegte, so kehrt es die Schaale von neuem um, läßt nun entweder Wasser hinein, oder leert dasselbe aus, je nachdem es das Bedürfniß des Ballastes fühlt. Hierauf streckt es seine Arme oder seine gefiederten Bärte aus, bedient sich ihrer als Ruder, und wogt so auf dem Meere dahin. Zwei seiner Arme entfernt es zugleich, und spannt dergestalt die Haut an, die sie vereinigt und die ihm statt eines Segels dient.

40) Aristoteles beschreibt sie zuerst. (Hist. anim. IX. 37.) Plinius, der dem Aristoteles in dieser Beschreibung folgt, scheint nicht zu verstehen, was die πλεκτάναι sind, deren sich dies belebte Schiff als der Steuerruder bedient. Er setzt daher etwas hinzu, was in seinem Originale nicht steht, und was auch nicht der Wahrheit gemäß ist.

Im Aristoteles heißt es bloß: ἀντὶ πηδαλίου δὲ τῶν πλεκτανῶν παρακαθήσιν. Plinius sagt: (lib. IX. c. 29.) Ceteris subremigans brachiis, media cauda ut gubernaculo dirigit.

Der Untertheil des Leibes bildet außerhalb der Schaale einen hakenförmigen Fortsatz, welcher als Steuerruder wirkt. Will das Thier endlich wieder auf den Grund hinab sinken, so läßt es Wasser in sein Schaalengehäuse hinein, zieht die Ruder, das Segel und das Steuerruder zusammen.

Nach Bruguière soll der Nautilus, wenn er auf den Grund hinab sinken will, die Luft hinaus werfen, die in seinen Blasen enthalten ist: aber er bestimmt weder, was diese Blasen seyn, noch auch wie sie sich der Luft entleeren. Bomare sagt eben so unbestimmt, daß dies Thier vermittelst gewisser Theile, die es willkührlich aufblasen und zusammen drücken könne, sich an die Oberfläche des Wassers erhebe.

In den Leipziger Commentarien [41]) findet man die Anzeige von der Uebersetzung einer engländischen anonymischen Schrift über die Röhre, die durch alle Kammern des Nautilus-Gehäuses durchdringt und dieselben mit einander verbindet. Der Verfasser stellt sich vor, daß diese Röhre, so lange das Thier lebt, auf gleiche Weise zusammen gezogen und erweitert werden könne. Er vermuthet, diese Röhre sey der Schwimmblase der Fische ähnlich: die Luft dringe nicht in die Höhle jeder Kammer, sondern es entstehe in derselben eine Leere, wenn das Wasser mehr oder weniger heraus gepumpt worden: dergestalt verändere sich der Schwerpunkt des Thiers bei jeder Bewegung, die es vornehme.

41) Tom. I. p. 502. tom. II. p. 346.

Aber gerade dies Herauspumpen des in den Kammern des Gehäuses enthaltenen Wassers mußte erklärt werden, und dies hat weder dieser Schriftsteller noch irgend ein anderer gethan.

Meiner Meinung nach muß man diese Wirkung durch die Action eines Muskels erklären, der längs dieses ganzen Kanals durch das Thier durchgeht, und dessen Ende sich allezeit an das Gehäuse anlegt. [42])

Zieht sich diese Fleischmasse innerhalb der Röhre zusammen, so entsteht zwischen ihr und der Röhre ein leerer Raum, in welchen sich das in den Kammern enthaltene Wasser hinein zieht: blähet sich darauf dieser Muskel wieder auf, so treibt er das Wasser wieder hinaus. Dergestalt geht das letztere, wenn es durch die äußere Oeffnung der Röhre aufgenommen war, in die Kammern des Gehäuses über: nachher wird es wieder hinaus gezogen durch Hülfe einer Art von anziehender Pumpe oder eines Druckwerks, dessen Wirkung nach Willkühr bestimmt wird.

Zweites Kapitel.

Vom Schwimmen vierfüßiger Thiere.

XVI.

Man kann mit La Chapelle leicht bemerken, daß vierfüßige Thiere im Schwimmen ihre Beine auf eben

42) Bomare a. a. O. Auch Bruguière erkennt diese Fleischmasse im Papier-Argonauten.

die Art bewegen als wenn sie gehn: inzwischen wird das Schwimmen derselben doch durch einen abweichenden Mechanismus hervor gebracht: und dieser Unterschied rührt von der Beweglichkeit oder der Festigkeit der Flächen her, worauf sie sich in beiden Fällen bewegen.

Wenn ein vierfüßiges Thier auf einer festen Fläche ruht, so kann es durch die Action seiner Hinterbeine allein niemahls sich von der Stelle bewegen, wenn es ihnen nicht den zum Sprunge oder Galopp nöthigen Antrieb giebt. Es kann auf keine Weise fortschreiten, als in so fern es die Hinter- und Vorderbeine erhebt.

Im Wasser hingegen reicht die bloße Action der Hinterbeine hin, um den Körper des vierfüßigen Thiers ganz von der Stelle zu bringen. Das letztere geschieht, wenn das Wasser dem Antriebe der Beine weicht, deren Streckung dazu hinreichend ist. Um das Schwimmen fortzusetzen, braucht das vierfüßige Thier nur sorgfältig den Kopf in die Höhe zu halten und wechselsweise das eine und das andere Hinterbein, so oft es nöthig ist, auszustrecken.

Indessen wird die Bewegung nach oben und vorn, die die Hinterbeine dem Rumpfe mittheilen, durch einen ähnlichen Effect, den die wechselseitige Bewegung der Vorderbeine auf den Rumpf hervor bringt, sehr vortheilhaft begünstigt. Wie dies geschieht, werde ich sogleich erklären.

Bei dem Schwimmen des vierfüßigen Thiers folgen also die wechselseitigen Bewegungen der vier Beine

dergestalt auf einander, daß das eine Hinterbein immer zugleich erhoben wird, wenn das in der Diagonale entgegen stehende Vorderbein sich niederläßt.

XVII.

Bei diesem Schwimmen theilen die Streckmuskeln der Gelenke des einen Hinterbeins dem Körper des vierfüßigen Thiers eine fortschreitende Bewegung mit. Während ein Theil der Action dieser Muskeln zur Besiegung des Widerstandes, den das Wasser leistet, verwandt wird, dient der andere Theil zur Bewegung des Rumpfes.

Die Zusammenziehung der Streckmuskeln eines Gelenks oder mehrerer, die nach Einer Richtung gehn, würde dem Rumpfe nur eine Winkelbewegung um einen Mittelpunkt der Drehung mittheilen, der am Ende des einen Hinterbeins läge. Wenn aber die Gelenke dieses Beins, wie es wirklich der Fall ist, nach wechselseitigen Richtungen gehn, so verbinden sich die verschiedenen Winkelbewegungen, die die Streckmuskeln dieser Gelenke hervor bringen, zu einer gemeinschaftlichen Bewegung, wodurch der Körper nach oben und vorn geworfen wird.

Wenn beim Schwimmen eines vierfüßigen Thiers die Vorderbeine anfangs gehoben und gebogen werden, so geht natürlich ihre Bewegung nach oben und vorn. Darauf aber strecken sie sich wieder, und sinken dergestalt hinunter und hinterwärts. Die letztere Action verrichten die Streckmuskeln ihrer Gelenke, besonders

Digitized by Google

der Articulation des Oberarms mit dem Unterarme. Jedes Vorderbein wird nach unten und hinten, hauptsächlich durch die Action des großen Brust- und Rückenmuskels, getrieben: diese ziehen den Oberarm nach diesen Richtungen, und nähern ihn zugleich den Ribben.

Je mehr das Waſſer der Rückkehr des Vorderbeins widersteht, deſto mehr Kraft müſſen der große Bruſt- und Rückenmuskel anwenden, um den Thorax oder den Rumpf zu erheben und ihn diesem Beine zu nähern. Wirkten diese Muskeln nur auf Einer Seite, so könnten sie dem Rumpfe auch nur Eine Winkelbewegung mittheilen: aber, da sie von beiden Seiten agiren, so laufen diese Winkelbewegungen in eine mittlere Richtung zuſammen, nach welcher der Körper vorwärts getrieben wird.

Haaſe hat richtig bemerkt, [43]) daß Thiere, die Schlüſſelbeine haben, in Rückſicht auf die Bewegungen, die die Vorderbeine nach oben und vorn treiben, viel leichter ſchwimmen, als die, denen die Schlüſſelbeine

43) Zootomiae ſpecimen, ſiſtens comparationem clavicularum animantium cum humanis. Lipſ. 1766. N. 15—16. Haaſe hat übrigens zur gewöhnlichen Theorie des Schwimmens weder etwas hinzu gethan, noch hat er die Wirkungen der wechſelſeitigen Action erklärt, welche die Muskeln, die die Vorderbeine zurück und niederziehn, auf den Rumpf hervor bringen.

Dieſe wechſelſeitige Action erfolgt auf den Rumpf mit deſto mehr Effect, je mehr dasjenige Schulterblatt durch das Schlüſſelbein fixirt iſt, gegen welches ſich der zurück gezogene Oberarm bewegt.

Digitized by Google

fehlen. Als Beispiel führt er die Wasser-Schildkröte an, deren Schlüsselbein in das Schulterblatt eingreift und dasselbe fest hält, es mag sich bewegen wie man wolle. Auf diese Art haben die Muskeln, die sich vom Schulterblatte aus an das Vorderbein setzen, einen festen Punkt, gegen den sie dieses Bein anziehn können.

Im Gegentheile sieht man, warum Hunde und Pferde so langsam schwimmen. Aus Mangel an Schlüsselbeinen können sie ihre Vorderbeine im Schwimmen nicht mit der Sicherheit und Leichtigkeit bewegen, die dazu erforderlich sind.

Aus dem, was ich angeführt habe, erhellet der wahre Mechanismus der Bewegungen vierfüßiger Thiere nach oben und vorn, die beim Schwimmen Statt finden. Diese Bewegungen können ihren Grund nicht, wie man bis jetzt geglaubt hat, in der Gegenwirkung oder dem Gegendrucke des Wassers haben. Es fehlt dieser Gegenwirkung sogar an der geringen Wahrscheinlichkeit, womit man die Bewegungen der Vögel beim Fluge der Gegenwirkung der elastischen Luft zuschreibt; denn das Wasser hat, so lange es in flüssiger Gestalt ist, keine Elasticität.

XVIII.

Die vierfüßigen Amphibien, wie die Frösche, die Krokodille u. s. w., haben augenscheinlich einen zum Schwimmen noch vortheilhafter eingerichteten Bau, als die übrigen vierfüßigen Thiere. Die Zehen ihrer Hinterbeine sind mit Schwimmhäuten versehn: ihre Hin-

terbeine selbst haben weit mehr Länge, und eine ungleich größere Kraft, und ihre Vorderbeine können ihnen im Schwimmen statt der Arme dienen.

Ueber dies können die Hinterbeine, da sich dieselben gegen die Beckenknochen sehr frei bewegen, nach der Willkühr des Thiers, in eine gegen den Rumpf sehr wenig geneigte Fläche gelegt werden. 44) Daher wird der Antrieb, der durch die Streckung dieser Gliedmaßen sich dem Rumpfe mittheilt, viel weniger durch Zersetzung geschwächt, als bei anderen vierfüßigen Thieren: die Richtung dieses Antriebes läuft beinahe mit der Richtung der fortschreitenden Bewegung des Thiers zusammen.

Drittes Kapitel.

Vom Schwimmen des Menschen.

XIX.

Durch auf einander folgende Bewegungen der Arme und der Beine, die den Körper mit einer Kraft erheben und vorwärts treiben, welche stärker ist als die Schwere

44) Das Sitzbein des Krokodills stellt eine weite, aber nicht sehr tiefe Grube dar, in welcher sich der Kopf des Schenkelbeins frei bewegen kann. Dies war nothwendig, weil das Krokodill im Schwimmen das Schenkelbein nach dem Schwanze hinstreckt, und auf diese Art einem Fische nachahmt. Vergl. Plumier's Anatomie des Krokodills in den Observations de *Gautier* sur l'hist. naturelle, P. XIV.

Digitized by Google

des Körpers, wird das Schwimmen des Menschen bewirkt.

In den gewöhnlichen Fällen desselben zieht sich anfangs jedes Bein, welches untergetaucht war, gegen den Rumpf zurück: dann wird es nach der Oberfläche des Wassers ausgedehnt, und durch die gleichzeitige Zusammenziehung der Streckmuskeln des Hüftgelenks und des Kniees, so wie derer Muskeln, die die Ferse erheben, nach hinten getrieben.

Da diese Muskeln auf die Gelenke, welche sie strecken, nach wechselseitigen Richtungen wirken, so laufen die Richtungen ihrer Bewegungen in eine mittlere zusammen, nach welcher sie das Wasser nach hinten und den Rumpf nach vorn treiben. Dieselbe Action muß auch den Rumpf nach oben treiben, je nachdem das gestreckte Bein mehr oder weniger gegen die Oberfläche des Wassers in die Höhe gerichtet ist.

Während diese Bewegung der Beine den Körper nach vorn wirft, wird die Wirbelsäule gedehnt, die anfangs etwas gebogen war, und diese Streckung derselben vermehrt noch die Kraft, womit der Körper vorwärts geworfen wird.

Ist demnach das specifische Gewicht des menschlichen Körpers nur um ein Geringes beträchtlicher als das Gewicht eines gleich großen Volums Wasser, so geht der erstere über die Oberfläche des Wassers mit einer schleunigen Bewegung hin, deren Richtung mehr oder weniger schief ist. Dann bildet er im Wasser eine Furche, deren Widerstand dazu dient, ihn noch immer

Digitized by Google

mehr über das Wasser zu erheben, vermöge des schon einmahl erhaltenen Antriebes.

XX.

Bei dem gewöhnlichen Schwimmen des Menschen werden anfangs die Arme vorgestreckt, und zwar geschieht dies hauptsächlich durch die Action der vorderen Portion ihrer Delta-Muskeln. Nachher aber werden sie hinter- und unterwärts, vornehmlich vermöge der großen Rücken- und Brustmuskeln, gezogen: zugleich werden sie durch die Streckmuskeln des Ellenbogens mehr oder weniger ausgedehnt. Gemeiniglich sind auch die Hände alsdann, vermöge der Action der Vorwärtsbeuger, gegen den Grund des Wassers gekehrt.

Streckt der Schwimmer seine Arme vor, so hält er sie gewöhnlich etwas gebogen, und diese Stellung gewährt einen mannigfachen Nutzen. Hätte alsdann der Hebel eines jeden Arms nicht einen Winkel, sondern wäre in gerader Linie verlängert, so müßten die Muskeln, die den Oberarm ab- und zurück ziehn, als der Untergräth-Muskel und der kleine runde Muskel, zu viel Kraft anwenden, um die Gliedmaße nach unten und hinten zu führen. Sonach könnte das Schwimmen nicht lange fortgesetzt werden.

Durch eine wechselseitige Wirkung, die um so stärker ist, je mehr Widerstand das Wasser der Hand und dem Arme leistet, tragen der große Rückenmuskel, dessen Gehülfen der Unter-Schulterblatt-Muskel und der große runde Muskel sind, so wie der große Brustmuskel,

Digitized by Google

dazu bei, daß sich der Thorax und der Rumpf des Körpers zur Seite und um den oberen Theil des Arms bewegen, während diese Muskeln den Arm nach unten und hinten ziehn.

Es würde dies eine Winkelbewegung seyn, wenn sie nur an Einer Seite geschähe. Aber da diese Bewegungen durch die Muskeln beider Arme vollbracht werden, so laufen sie in eine mittlere Bewegung zusammen, in welcher der Körper nach oben und vorn getrieben wird. 45)

Eine ähnliche mittlere Bewegung, die von unten nach oben geht, und ebenfalls von dem Antriebe beider Arme herrührt, hilft vornehmlich den Körper über das Wasser erheben, wenn man im Schwimmen das eine Bein in die Höhe hält. Alsdann schlägt und drückt das andere halb erhobene Bein das Wasser schnell hinter einander; die Hände umfassen und sammeln gleichsam zu beiden Seiten des Körpers die Wassermasse, die sie niederdrücken und auf welche sie sich stützen.

45) Die großen Brustmuskeln wiederhohlen beim Schwimmen des Menschen unaufhörlich ihre Wirkungen, und müssen hauptsächlich angestrengt werden. Daher fühlt man nach einem langen und mühsamen Schwimmen eine besondere Mattigkeit in diesen Muskeln.

Vielleicht bewirkt das häufige und zur Gewohnheit gewordene Schwimmen auch eine vollkommenere Entwickelung dieses Theils der Brust. Die Ilias schreibt dem Poseidon eine vorzüglich hohe Brust zu, indem sie den Agamemnon mit ihm vergleicht. (II. 11. 479.)

Digitized by Google

Indem der Schwimmer jeden seiner gebogenen Arme nach hinten ausstreckt, so kann der dreiköpfige Armmuskel, der den Ellenbogen streckt, den Widerstand nicht überwinden, den das Wasser dieser Streckung entgegen stellt, ohne daß er mit einer desto größern Kraft auf den Oberarm wirkt, ihn nach vorn treibt, und mit ihm zugleich den Körper, in welchen diese Gliedmaße eingelenkt ist, vorwärts bewegt.

XXI.

Vermittelst des dreiköpfigen Armmuskels und der verschiedenen Portionen des großen Brust-, des großen Rücken- und Delta-Muskels kann der Schwimmer seinen Körper nach der einen oder anderen Seite anziehn und von derselben zurück stoßen.

Durch die verbundene Wechselwirkung dieser Muskeln läßt sich erklären, wie der Körper zur Rechten gezogen wird, wenn der rechte Arm sich ausstreckt, und sich der verticalen Fläche nähert, die durch die Länge des ganzen Körpers geht: daraus läßt sich erklären, wie der Körper zur Linken getrieben wird, wenn der rechte Arm sich ausstreckt und sich von derselben verticalen Fläche entfernt.

Noch mehr: will sich der Schwimmer z. B. zur Rechten wenden, so umfaßt er mit der rechten Hand das Wasser, und zieht es auf dieser Seite an seinen Körper. Durch diese Richtung, die er dem Widerstande des Wassers giebt, bestimmt er die Wechselwir-

Digitized by Google

kung der Muskeln, wodurch er den gewünschten Antrieb erhält. [46])

Es giebt eine Art zu schwimmen, die man mit dem Kriechen vergleichen kann. Hierbei zieht man mit den möglichst ausgestreckten Armen und mit den Händen, deren Finger geschlossen, und deren Flächen gegen den Grund des Wassers gekrümmt sind, die vor dem Körper liegende Wassermasse gegen die Brust an. [47])

Man sieht ein, daß dabei der Körper durch eine viel größere Anstrengung der Brust- und Rückenmuskeln nach vorn gezogen wird. Die Wechselwirkung dieser Muskeln wird auf solche Weise hervor gebracht und zugleich verstärkt, weil das Wasser den sehr verlängerten Armen und den gegen den Grund des Wassers gekrümmten Händen einen viel größeren Widerstand leistet. Der Raum, den der Körper vermöge dieser Bewegung durchläuft, verbindet sich mit dem, den er nachher vermittelst eines neuen Antriebes vollendet, welchen ihm die nach hinten geworfenen Füße mittheilen. [48])

46) Ohne Mühe wird man ähnliche Wirkungen erklären, die bei den verschiedenen Arten der Schwimmer sich im Wasser zu drehen, vorgehn.

47) *Thevenot* art de nager, p. 32.

48) Hierüber, wie über das, was im vorigen Kapitel von dem Nutzen der verschiedenen Bewegungen der Vorder- und Hinterbeine vierfüßiger Thiere gesagt ist, vergleiche man Thevenot's a. B. S. 24.

Digitized by Google

XXII.

Im Ganzen pflegt man in der Schwimmkunst die Regel zu geben, daß die Bewegungen nicht mit zu großer Eilfertigkeit gemacht werden. Dieser Rath gründet sich auf die Erfahrung, und die Theorie erklärt seinen Nutzen auf folgende Weise.

Streckt man zum Beispiel die Arme mit zu großer Uebereilung nach vorn, so kann die Wassermasse, so schleunig von den Armen getheilt, sich nicht schnell genug wieder vereinigen. Sie wird also auf einen Augenblick vor dem Körper des Schwimmers niedersinken: in diese Wassergrube muß der Körper, von allen anderen Seiten getrieben, vermöge seiner relativen Schwere, hinein fallen.

Führt man beim Schwimmen die Arme zu schnell gegen die Brust; so muß der Körper desto geneigter werden unterzusinken, je zusammen gedrängter alsdann sein Umfang und je geringer die Wasserfläche ist, auf welcher er ruht.

Aber ich glaube, daß man durch einen allgemeinen Grundsatz die Gefahr erklären kann, die mit den zu schleunigen Bewegungen der Arme und Füße beim

Dort wird gelehrt, daß, um wie ein Hund zu schwimmen, man eine Hand nach der anderen und einen Fuß nach dem anderen etwas erheben und niedersenken muß, indem man immer auf einer Seite zugleich die Hand und den Fuß erhebt und senkt. Nun muß man, mit an die Brust gezogenen Armen, das Wasser mit den Händen anziehn und es mit den Füßen zurück stoßen.

Digitized by Google

Schwimmen verbunden ist. Dieser Satz ist folgender: Die Gliedmaßen können alsdann nicht in jedem Augenblicke eine Wassermasse forttreiben, die eben so beträchtlich ist und eben den Widerstand leistet, als wenn die Bewegung weniger langsam wäre. Folglich widersteht ihnen das Wasser weniger, als nöthig ist, um den Körper in der Höhe zu erhalten und seine fortschreitende Bewegungen zu begünstigen. [49])

XXIII.

Bei verschiedenen Arten des Schwimmens strengt sich der Mensch an, seine Brust beständig zu erweitern und dadurch die specifische Schwere seines Körpers zu vermindern. Die Stimmritze hält er dann verschlossen, und setzt besonders die Kräfte in Thätigkeit, welche das Einathmen verrichten. [50])

49) Meines Erachtens muß man bei der Theorie vom Widerstande der Flüssigkeiten nothwendig auf die Verschiedenheit der flüssigen Masse Rücksicht nehmen, welche jeder Körper, der sich in dieser Flüssigkeit bewegt, vor sich her treibt. Diese Masse ist verschieden:

1. nach der verschiedenen Geschwindigkeit des sich bewegenden Körpers;

2. nach der Form und Ausdehnung des Körpers, der die Flüssigkeit vor sich her treibt;

3. nachdem die Oberfläche dieses Theils hervor springt, oder hohl ist. Dies hat man bis jetzt fast ganz übersehn.

50) Ist die Brusthöhle erweitert, so wird der Theil des Rückens zwischen den Schultern nach innen gebogen und hohl. Dies erfolgt vermöge der sehr beträchtlichen Streckung der

Digitized by Google

Dergestalt erhält man die erweiterte Brust über dem Wasser, wenn man, auf dem Rücken liegend, rückwärts schwimmt. Man zieht die Beine an und streckt sie nachher wieder aus, um so das Wasser wechselsweise von beiden Seiten zurück zu treiben. Dies geschieht auch, wenn man, auf dem Rücken liegend, vorwärts schwimmt.

In dem letzteren Falle erhebt man ein Bein nach dem anderen: man zieht sie stark gegen das Kniegelenk an, und läßt sie nachher im Wasser hängen. Dergestalt ziehen die Beugemuskeln des Kniees den Schenkel und den Rumpf, die über dem Wasser erhalten werden, nach vorn. Dies geschieht durch eine Wechselwirkung, welche durch den Widerstand bestimmt wird, den das Wasser diesen niederhängenden Beinen leistet.

Will man auf dem Rücken liegend schwimmen, und dabei die Hände gerade in die Höhe richten, so muß man durchaus die Brust erheben und sie so viel als möglich aufgeblasen erhalten; denn der Körper sinkt unter, so bald die Brust sich alsdann zusammen zieht. Die in die Höhe gerichteten Arme verlängern den Hebel, den der Körper des Schwimmers bildet. Dieser soll durch die Streckmuskeln der unteren Gliedmaßen erhoben werden; aber die Wirkung dieser Muskeln geht

Rückenwirbel. Die letztere muß sehr stark seyn, damit die Ribben in ihren Gelenkverbindungen mit den Wirbeln die zur möglichsten Erweiterung der Brusthöhle erforderliche Fixität und Lage erhalten.

Digitized by Google

verloren, wenn das relative Gewicht des Körpers nicht durch die sehr beträchtliche Erweiterung der Brust ausnehmend vermindert wird.

Wenn die Taucher sich mit Gewalt aus dem Grunde des Meeres auf die Oberfläche erheben, so müssen sie sich noch weit mehr anstrengen, um die Stimmritze zu schließen und die Luft in ihren Lungen zurück zu halten. Die verdünnte Luft dehnt die Lungen aus: dadurch bekommt die Action des Zwerchmuskels auf die Wirbelsäule mehr Unterstützung. Nun gewinnen auch die Streckmuskeln der unteren Gliedmaßen mehr Festigkeit, da die Wirbelgelenke und die Verbindung derselben mit den Beckenknochen wenig Beweglichkeit haben: dergestalt können jene Muskeln sich desto vortheilhafter zusammen ziehn und dem Körper einen Antrieb nach oben geben.

Aristoteles [51]) kannte den Nutzen des Zurückhaltens der geathmeten Luft beim Hinaufsteigen der Taucher vom Boden des Meeres sehr wohl. Er versichert zugleich, wiewohl man es unmöglich beobachten kann, daß der Delphin gleichfalls die geathmete Luft viel stärker zurück hält, wenn er aus der Tiefe des Meeres herauf kommen will: gleich als könnte er die Wirkung berechnen, welche er der Länge des zu durchlaufenden Raums entgegen setzen muß. [52])

51) Hist. animal., lib. IX. c. 48.

52) Aelian (lib. XII. c. 12.) läßt mit Unrecht den Aristoteles die Ursache des Sprunges der Delphine in der inneren Spannung der geathmeten Luft suchen, welche sie wie eine

Es scheint überflüssig, sich auf andere Regeln der Schwimmkunst einzulassen: sie können leicht durch dieselben Grundsätze erklärt werden. Plurima supersunt quae possim loqui, sed parco sciens. *Phaedrus.*

Senne spannen und so den Körper, gleich einem Pfeile, fortschnellen sollen. Er glaubt also, Aristoteles habe von der Ausdehnung dieser inneren zusammen gedrückten Luft das Fortschnellen des Körpers der Delphine hergeleitet.

Phile behauptet mit Aelian, daß die vom Delphin zurück gehaltene Luft ihn eben so in die Höhe wirft, wie die Senne eines Bogens den Pfeil fortschnellt. Er vergleicht den Delphin, der die Luft zurück hält, mit dem Bogenschützen, der einen Pfeil losschnellt. Pauw irrt sich, wenn er glaubt, im Phile τοξότης in ὁ δύτης verändern zu müssen.

Sechster Abschnitt.

Vom Fluge der Vögel.

Ich werde in diesem Abschnitte bloß vom Fluge der Vögel handeln; denn diese Thiere fliegen im eigentlichen Sinne des Worts. Die Theorie, die ich von ihrem Fluge geben werde, wird dazu dienen, den Mechanismus des unvollkommenen Fluges der Insecten begreiflich zu machen.

Die Bewegung der fliegenden Fische, (Abschn. V. §. VIII.) der fliegenden Eidexen und des fliegenden Eichhörnchens kann man nicht als ein eigentliches Fliegen betrachten.

Die fliegende Eidexe schlägt die Luft mit ihren häutigen Fittigen, wenn sie sich von einem Baume zum anderen bewegen will. Diese Flügel stehn zu beiden Seiten des Rückgraths, und sind wie die Flossen der fliegenden Fische gebauet. Vermöge ihrer Lage und Beweglichkeit können sie bei dem fliegenden Eichhörnchen [1]) die dem Körper desselben anhängende Haut entfalten und anspannen.

Die Bewegung des fliegenden Eichhörnchens verdient zwar noch weniger den Nahmen des Fluges als die Bewegung der fliegenden Eidexe; aber sie geht dennoch besser als bei dem letzteren Thiere von statten:

1. Weil die Haut viel länger und breiter ist als der Körper, weil sie also der Luft eine größere Fläche

1) Dieses beschreibt Pallas in seinen Reisen, Th. IV. S. 114.

Digitized by Google

darbietet, und den Eindruck verlängert, der das Fortschießen durch die Luft hervor gebracht hat.

2. Ueber dies hat das Thier einen wolligen Schwanz, den es hin und her bewegt, und dadurch der Bewegung seines Körpers verschiedene Richtungen giebt. Dagegen kommt der Schwanz der fliegenden Eidexe in Rücksicht seiner Gestalt und Länge mit dem Schwanze anderer Eidexen überein, und dient wahrscheinlich gar nicht zur Veränderung der Richtung.

I.

Zuvörderst will ich die vorzüglichsten Bewegungen der Flügel und des Schwanzes, die beim Fluge der Vögel vorkommen, anzeigen: dann werde ich lehren, wie das Fliegen durch Hülfe dieser Bewegungen vollbracht wird.

Giebt man auf einen Vogel Achtung, wenn er eben fortfliegen will, so wird man bemerken, daß er zuerst einen Sprung thut. Der Geier und andere große Raubvögel können sich nicht von der Erde erheben, ohne daß sie erst anfangen zu laufen. Der Kranich läuft auch erst einige Schritte, indem er die Flügel entfaltet, ehe er sich aufschwingt. Ohne Zweifel ist dies Laufen nothwendig, um dem Sprunge, womit die Vögel ihren Flug anfangen, mehr Ausdehnung zu geben. (Abschn. II. §. XXVI.)

Andere Vögel scheinen niederzusinken und sich alsdann auf Ein Mahl zu erheben, um davon zu fliegen.

Digitized by Google

Dies scheint mir daher zu kommen, weil sie mit Mühe gehn, und bei dem beschleunigten Laufen, welches vor ihrem Sprunge vorher geht, nicht anders als stolpern können.

II.

Bei dem Fluge der Vögel werden anfangs die Flügel auswärts bewegt, und in einem Kreise nach dem Halse gedreht. Die aus diesen beiden Richtungen entstehende mittlere Bewegung wird um so leichter, je mehr der Knochen, der bei den Vögeln die Stelle des Oberarms vertritt, vermöge der Lage seines Kopfes und der Gelenkpfanne, in die er eingreift, nach hinten steht. Jene Bewegung wird vorzüglich durch die Action eines Muskels bewirkt, der zum Theil unter dem großen Brustmuskel liegt, [2]) und dessen Sehne, indem sie sich an den Oberarm ansetzt, durch eine Oeffnung geht, welche über dem Winkel derer Knochen liegt, die mit dem Schulterblatte überein kommen: in dieser Oeffnung bewegt sich die Sehne, wie in einem Kloben.

Während der Flügel, vermöge der Wirkung des Oberarms, dergestalt gehoben und nach außen bewegt wird, erweitern sich die Gelenke dieses Knochens, des Ellenbogens und der Handwurzel zwar unvollständig, aber immer doch auf die Weise, daß die Lage dieser Knochen des Flügels im Ganzen fast in derselben Fläche, so lange die ganze Drehung dauert, verbleibt.

2) Fabricius von Acquapendente hat zuerst die Lage dieses Muskels und die Richtung seiner Sehne angegeben. (De volatu, p. 14.)

Digitized by Google

Diese Biegung der Flügelknochen macht, daß bei der Erhebung des Fittigs die Federn der Luft eine äußerst geringe Fläche darbieten, und daß die Luft auch durch ihren Widerstand das Fliegen auf keine Weise begünstigen kann. Wenn übrigens der Flügel gedrängter ist, so wird er mit viel geringerer Muskelkraft gehoben, als wenn er sehr stark erweitert wäre. Diese Beobachtung hat fast allgemeine Gültigkeit. Bloß bei sehr heftigem und übereiltem Fluge wird sie weniger merklich seyn, weil dann der Vogel so häufig und schnell mit den Flügeln schlägt, daß er die Ausdehnung derselben, so oft er sie erhebt, nur sehr wenig vermindern kann.

III.

Hierauf wird der Flügel mit Gewalt gesenkt, und zugleich wird er, wie Grew zuerst bemerkt hat, schief nach hinten getrieben.

Der Oberarm, als das vornehmste Werkzeug der Bewegungen des Flügels, stützt sich während derselben auf Knochen von einem ganz besonderen Baue, welche bei den Vögeln die Stelle des Schulterblatts und des Schlüsselbeins vertreten.

Den einen dieser Knochen könnte man den Gabelknochen nennen, da er aus zwei Aesten besteht, die mit einander wie ein V zusammen stoßen. An seinem oberen Ende ist er in den vorderen und spitzigen Theil der Gräthe des Brustbeins eingelenkt, und beim Kranich hängt er mit demselben völlig zusammen.

Digitized by Google

Ueber dem Thorax des Vogels befindet sich auf jeder Seite ein anderer Knochen, der aus zwei zusammen hängenden Portionen besteht, die einen Winkel mit einander bilden. Gegen diesen Winkel ist das eine Ende jenes gabelförmigen Beins mit diesem Knochen durch ein Gelenk verbunden.

Einer von beiden Theilen dieser zusammen gesetzten Knochen wird von oben nach unten bewegt, und stützt sich zur Seite auf das Brustbein. Der andere bewegt sich von vorn nach hinten, streckt sich über die Rücken-Portionen der Ribben aus, und hängt am Rücken durch verschiedene Muskeln des Rückgraths fest. Daraus erhellet, daß man den letzteren Knochen mit dem Schulterblatte vergleichen und den ersteren für ein hinteres Schlüsselbein nehmen kann, wenn man nämlich den überein stimmenden Ast des gabelförmigen Knochens für das vordere Schlüsselbein ansieht.

Da beide Schlüsselbeine mit dem Brustbeine durch Gelenke zusammen hängen, so scheinen sie ohne Zweifel, wie auch Borelli und Andere gemeint haben, eine doppelte Unterstützung zu gewähren. Hierdurch werden das Schulterblatt, die Gelenkhöhle, die den Kopf des Oberarms aufnimmt, und der Mittelpunkt der Biegung des Flügels nach allen Seiten gesichert.

Inzwischen ist diese Angabe des Nutzens jener Knochen noch immer sehr unbestimmt. Genauer werde ich ihn entwickeln, wenn ich die wahre Theorie vom Fluge der Vögel vortrage. (§. X.)

Digitized by Google

IV.

So wie der Fittig im Fluge mehr oder weniger gesenkt wird, so dehnt er sich zu gleicher Zeit dergestalt aus, daß sich die Federn, besonders die Schwungfedern, ungemein entwickeln und sich nach innen krümmen: zugleich werden die Häute zwischen den Flügelknochen mit besonderer Kraft angespannt.

Diese Entwickelung des Flügels geschieht hauptsächlich durch die Erweiterung der verschiedenen Gelenke der Flügelknochen. Die Lage derselben ist immer von der Art, daß sie während dieser Ausdehnung sich in derselben Fläche befinden. Dadurch erlangt der Flügel, wenn er etwas nach unten gewölbt ist, die vortheilhafteste Ausdehnung und Einheit, die zum Schlagen der Luft erfordert wird.

Ich habe gezeigt, in welcher Ordnung die Bewegungen des Vogels gewöhnlich auf einander folgen, wenn er sich im Fluge erhebt und senkt. Die Muskeln, die diese Bewegungen bewirken, sind zuerst von Stenonis, aber viel genauer von Vicq d'Azyr beschrieben worden.

V.

Ein wesentlicher Theil des Fittigs ist eine Art Anhang, der gleichsam einen befiederten Finger darstellt. [3])

3) Silberschlag hat zuerst den Mechanismus dieses Theils entdeckt und beschrieben. (Beschäftigungen der Berlin. Gesellsch. Naturforsch. Freunde, B. II.)

Digitized by Google

Er liegt da, wo sich der Ellenbogen mit der Handwurzel verbindet: diese Gelenkverbindung springt unter allen Articulationen der Flügel am meisten hervor, wenn sie in ihrer natürlichen Lage ruhn.

Silberschlag bemerkt, daß dieser Afterflügel oder Lenkfittig, (wie er ihn nennt,) dergestalt durch seine Muskeln bewegt werden kann, daß er dieselbe Richtung annimmt, als die Masse von Federn, die er alsdann zum Fluge ausspannt. Er bemerkt ferner, daß dieser Theil unterwärts in einer Richtung fixirt werden kann, die mit der Richtung des Windes einen rechten Winkel macht. Hieraus entsteht nun ein fester Punkt, um welchen der andere Flügel mit seinem zurück gebogenen Anhange sich, wie der Flügel einer Windmühle, herum dreht. Dergestalt erleichtert dieser Theil das Drehen des Körpers, vermöge der Bewegungen der Flügel und des Schwanzes.

Silberschlag hat auch beobachtet, daß diese Lenkfittige, wenn sie sich in die Höhe richten, den Körper des Vogels bei einem gewaltsamen Herabfallen etwas erheben, und dadurch den schleunigen Fall selbst mäßigen.

Will der Vogel sich auf die Seite drehen, so geschieht dies, wie in der Folge gezeigt werden soll, hauptsächlich dadurch, daß er die Bewegung seiner beiden Flügel ungleich macht. Aber der Schwanz nutzt ihm ebenfalls dazu, die verschiedenen Richtungen des Fluges zu bestimmen und zu sichern.

Digitized by Google

VI.

Man hat bis jetzt den Flug der Vögel immer auf die Weise erklärt, daß man die Flügel mit Rudern verglich, die auf die widerstehende Luft wirkten, oder daß man eine Gegenwirkung dieser elastischen Flüssigkeit auf die Fittige annahm. Ich will nun genau zeigen, wie fehlerhaft diese Erklärungen sind.

Des Landes und Andere [4]) suchen den Grund des Fliegens darin, daß die Luft, durch den niedersinkenden Fittig an ihrem freien Umlaufe gehindert, eine Art von festem Punkte für diesen Flügel abgiebt, und hierin mit dem Wasser verglichen werden kann, welches ebenfalls den Rudern eine Stütze darbietet. Diese Vergleichung der Fittige mit Rudern ist bis jetzt allgemein angenommen worden, und neuere Schriftsteller haben noch die Gegenwirkung der Luft hinzu gethan.

Wer da sagt, daß der Flügel wie ein Ruder wirke, und den Vogel erhebe und nach vorn treibe, indem er die Luft nach unten und hinten wegstoße, der führt die Thatsache nur mit anderen Worten an, giebt aber keineswegs davon eine Erklärung. [5]) Man sieht schon aus dem, was ich über eine ähnliche Erklärung des Schwimmens der Fische gesagt habe, wie wenig jene Erklärung die Sache deutlicher macht. (Abschn. V. §. III.)

4) Z. B. Abbé Bonnaterre in der Einleitung zum ersten Bande des 3ten Theils der naturhistorischen Kupfer, die zur Encyclopéd. méthod. gehören, p. XV. XVI.

5) Die griechischen und lateinischen Dichter vergleichen die Flügel mit Rudern.

Da jeder Fittig, den man als ein Ruder betrachten will, mit einem Ende in den Körper des Vogels eingelenkt ist, so kann die Kraft, die diesen Fittig bewegen soll, ihm keine andere als eine Winkelbewegung um den Rumpf des Körpers mittheilen. [6])

Wir müssen also nun untersuchen, wie die Action der Theile des Flügels in einer widerstehenden Luft dem Vogel die Bewegungen des Fluges mittheilen kann.

VII.

Borelli vergleicht einen Vogel, der sich durch Hülfe seiner Flügel erhebt, mit einem Bogen, der zurück prallt, wenn er sich gegen den festen Boden gestemmt hatte. [7]) Er glaubt, daß der Widerstand der Luft, die nicht so schnell entweichen kann, als sie fortgetrieben wird, [8]) den Fittig zurück stößt und den Vogel durch eine reflectirte Bewegung erhebt. Daher sagt er, der Flug bestehe in mehreren auf einander folgenden Sprüngen. [9])

Nach Parent [10]) soll jeder Punkt des sich senkenden Flügels, der einen Kreisbogen beschreibt, von der Luft einen Gegenstoß bekommen. Dies geschehe

6) Ich rechne auch den Antrieb der elastischen Federn des Fittigs hierher, der aber sehr schwach ist, und von dem ich nachher reden werde.

7) Prop. 191.

8) Prop. 192.

9) Prop. 183.

10) Essais de mathém., tom. III. p. 377. 380.

Digitized by Google

auf dieselbe Weise, als wenn die Luft an die unbeweglichen Fittige stieße, indem sie nach demselben Kreisbogen in entgegen gesetzter Richtung strömte. Daraus schließt Parent, daß, wenn die auf eine verticale Richtung zurück gebrachte Geschwindigkeit der Flügel von der Art ist, daß die Wirkungen derselben das Gewicht des Vogels überwiegen, der Vogel sich mit dem Ueberschusse dieser Geschwindigkeit über diejenige Geschwindigkeit, die diese Wirkung dem Gewichte des Vogels gleich machte, in senkrechter Linie erheben werde.

Euler hat aber das Irrige in dieser Voraussetzung augenscheinlich erwiesen. Denn sonst hat man gewöhnlich davon die Lehren von dem Widerstande der Flüssigkeiten hergeleitet, daß nämlich die Theilchen der letzteren auf den Körper, der sich in ihnen bewegt, mit einem gleichen Stoße wirken, als wenn sie feste Körper wären. Euler zeigt, daß kein eigentlicher Stoß, sondern nur ein Druck auf die Oberfläche der Flügel von dieser Flüssigkeit hervor gebracht werden kann. [11])

Es ist eine gewöhnliche Behauptung derer Mathematiker, die über den Flug der Vögel Berechnungen anstellen wollten, daß der Vogel sich nur um so viel erheben könne, als das Gewicht von dem Widerstande oder der Gegenwirkung der Luft übertroffen wird. Aber es ist klar, daß sie als Princip des Calculs nur ihren Ausdruck der Thatsache angenommen, und keinesweges die physische Ursache der Bewegung erklärt haben, womit sich der Vogel in die Luft erhebt.

11) Nov. commentar. academ. Petropol., tom. VIII.

Digitized by Google

VIII.

Gewiß muß der Widerstand der Luft sehr groß seyn, um der Wirkung der Fittige einen Unterstützungspunkt darzubieten; [12]) so wie der Widerstand, den das Wasser dem Spiele des Schwanzes beim schwimmenden Fische entgegen setzt, gleichfalls nothwendig ist.

Aber man verwechselt diesen Widerstand mit der Gegenwirkung der Elasticität, die doch nur einen Theil dieses Widerstandes ausmacht: nach diesen unbestimmten Ideen glaubt man, diese Gegenwirkung reiche hin, um den Flug der Vögel hervor zu bringen.

Ein fester Körper, der sich in einer elastischen Flüssigkeit bewegt, bekommt ohne Zweifel von dem Rückflusse der Theile dieser Flüssigkeit, die er nicht mehr drückt, Stöße oder Eindrücke. Allein keine bekannte Theorie setzt uns in den Stand, die Kraft dieser Stöße nach der Masse, der Oberfläche und der Geschwindigkeit dieses festen Körpers, so wie nach den Graden der Elasticität, der natürlichen und der zufälligen Dichtigkeit dieser Flüssigkeit, zu bestimmen.

Durch eine willkührliche und fehlerhafte Theorie glaubte Silberschlag beweisen zu können, daß die Bewegungen des Vogels im Fliegen durch die Zurückwirkung der elastischen Luft auf die schlagenden Flügel hervor gebracht werden.

12) Plutarch erzählt, (Marcell., p 300.) daß vom Geschrei der Zuschauer im römischen Theater die Vögel aus der Luft herab gefallen seyn. Er erklärt dies daraus, daß die starken Töne die Luft zertheilten. Diese konnte also nicht hinlänglichen Widerstand leisten, um die Vögel zu erhalten.

Digitized by Google

Der zum Fluge erforderliche Widerstand der Luft hängt nur in geringem Grade von der elastischen Gegenwirkung derselben ab, wenn sie durch das Schlagen der Flügel verdichtet worden ist. Die vornehmsten Ursachen dieses Widerstandes kommen mit den Ursachen des Widerstandes überein, welchen das Wasser beim Schwimmen leistet, das sich weder zusammen drücken läßt, noch auch Elasticität hat.

Das Schlagen mit den Flügeln kann die gewöhnliche Dichtigkeit der Luft und die mit der Verdichtung beständig wachsende Elasticität derselben nur sehr wenig verstärken. Ist die Luft nicht in ein Gefäß eingeschlossen, aus welchem sie nach allen Seiten entweicht; so erstreckt sich die Verdichtung nach allen Richtungen, und wird dadurch ungemein geschwächt.

Dazu kommt, daß die verdichtete Luftschicht, welche auf den Flügel zurück wirkt, in den benachbarten Luftschichten weniger Widerstand findet, und folglich nur eine geringe Kraft auf den Flügel äußern kann.

Dann muß man bemerken, daß die Gegenwirkung der elastischen Luft zwischen den Schlägen der Fittige durch die Zusammenziehung des Flügels und durch die Erhebung der Federn gar sehr vermindert wird. [13]) Je mehr sich der Fittig zusammen zieht, desto mehr entweicht er jener Gegenwirkung. Endlich sind die großen Federn alle von einander getrennt, wenn sich der Flü-

13) Nach Silberschlag's Schätzung beträgt diese Abnahme ein Drittheil des Ganzen.

gel in die Höhe richtet, und es kann also die Luft nun ganz frei durchstreichen. [14])

IX.

Die vornehmsten Ursachen des zum Fliegen erforderlichen Widerstandes der Luft sind die allgemeinen Ursachen des Widerstandes der Flüssigkeiten, so wohl der elastischen, als derer, die nicht elastisch sind.

Um sich einen allgemeinen Begriff von diesen Ursachen zu machen, kann man sie auf die Trägheit der flüssigen Masse beziehen, die durch einen festen Körper, der sich in ihr bewegt, erschüttert wird: man kann sie aber auch auf die Bewegungen dieser Flüssigkeit, die zum Forttreiben jenes festen Körpers nothwendig sind, zurück bringen.

Borelli, indem er diese Ursachen andeutet, bemerkt, daß die durch den Flügel fortbewegte Luftmasse durch eine andere Luftschicht und in einer andern fortgestoßen wird, welche scheinbarer Weise in Ruhe bleibt. [15]) Er meint, das Reiben und die Drehungen der beiden Luftmassen gegen einander werden einen beträchtlichen Widerstand hervor bringen.

Es giebt bekanntlich noch keine ganz genaue Theorie des Widerstandes der Flüssigkeiten. Am besten wird man unstreitig zu einer solchen gelangen,

14) Mém. de l' acad. de Paris avant 1699, vol. III. P. II. p. 118.

15) Prop. 183. 190.

Digitized by Google

wenn man die Analysis auf Haupt-Facta anwendet, die durch die Erfahrung hinlänglich dargethan sind. Davon hat Euler einen Versuch bekannt gemacht, [16]) und Lorgna wollte ein Werk über diesen Gegenstand heraus geben.

Ich habe oben einen Grundsatz angegeben, der vielleicht ein Element zur Theorie des Widerstandes der Flüssigkeiten werden könnte. [17]) Nach demselben erleidet ein fester Körper, der sich mit einer gegebenen Geschwindigkeit in einem flüssigen bewegt, mehr oder weniger Widerstand, je nachdem er eine größere oder geringere Masse dieser Flüssigkeit forttreibt, ohne sie zu zertheilen. Dies beruht natürlich zum Theil auf der Form,

16) Hist. de l'acad. de Paris, a. 1778.

17) Abschn. V. §. XXI. Note. Folgendes Factum kann man auf jenes Princip beziehn, wenn dasselbe theils auf den senkrechten, theils auf den horizontalen Widerstand der Flüssigkeiten angewandt wird.

Läßt man eine Halbkugel nach einer mit der platten Fläche derselben parallelen Richtung fallen, so behält der Körper nicht seine ursprüngliche Richtung: er beschreibt eine krumme Linie, weil das Wasser auf der einen Seite mehr widersteht, als auf der andern.

Massuet macht diese Bemerkung. (Elém. de philos. mod., tom. I. p. 221.) Er setzt hinzu: Schwere Vögel, wie Raben, Tauben u. s. w., pflegen, wenn sie sich nach einem langen Fluge senken, ihre Flügel und ihren Schwanz zu krümmen, um ihrem Körper unten eine Wölbung zu geben. Dadurch geht die Richtung ihres Fluges in einer verlängerten Curve fort, und sie können nun sanfter herab fallen.

Digitized by Google

der vorderen Fläche dieses festen Körpers, je nachdem dieselbe mehr hervor springt oder vertieft ist.

Hieraus kann man den Vortheil erklären, den die Vögel beim Fliegen von ihrem zugespitzten Schnabel und von der Aushöhlung ihrer Flügel ziehen. [18]) Aehnlich ist der Nutzen, den das einem Schiffskiele gleichende Brustbein des Vogels hervor bringt.

X.

Nach dieser Widerlegung der bis jetzt bekannten Meinungen über die Ursachen des Fliegens will ich meine Theorie von dem Mechanismus dieser Bewegung vortragen.

Zuvörderst bemerke ich überhaupt, daß die Bewegungen der Fittige beim Fliegen auf eine merkwürdige Art mit den Bewegungen der Arme eines schwimmenden Menschen überein stimmen.

Fabricius von Acquapendente hat auf unbestimmte Art [19]) die Aehnlichkeit dieser Bewegungen angedeutet, ihre Wirkungen aber immer mit den Wirkungen der Ruder verglichen. Durch diese Analogie wird indessen nichts erklärt, als in so fern man die Theo-

18) Aristoteles (de incell. anim., c. 10.) kannte und beschrieb sehr richtig die Vortheile, welche die Vögel beim Fliegen von ihrem kleinen Kopfe, ihrem dünnen Halse und ihrem scharfen Brustbeine ziehn. Er bemerkt, daß ihr Hintertheil leichter ist und allmählig an Breite abnimmt, damit sich nicht zu viel Luft in demselben fange.

19) De volatu, p. 9.

Digitized by Google

rie annimmt, die ich vom Schwimmen des Menschen in dem vorigen Abschnitte angegeben habe.

Beim Fliegen wird anfangs der Fittig durch einen eigenen Hebemuskel in die Höhe und nach vorn gerichtet, um, wenn er gesenkt wird, einen desto größeren Raum durchlaufen, und dergestalt mehr Widerstand von der Luft erfahren zu können. [20]) Dann senkt sich der Flügel, und wird, hauptsächlich durch die Action des großen und mittleren Brustmuskels, nach hinten gezogen.

Der Widerstand, den die Luft diesen Bewegungen leistet, verursacht eine Wechselwirkung dieser Muskeln, in Hinsicht auf diesen Widerstand, um das Brustbein und die Ribben, bei ihren Ursprüngen, und folglich auch den ganzen Körper des Vogels, nach dem Oberarme anzuziehn. Dergestalt bewegen diese Muskeln den Körper des Vogels nach Richtungen, die den Bewegungen des Flügels entgegen gesetzt sind; d. h., nach oben und vorn.

Bewegt der Vogel im Fliegen beide Fittige, so treiben die Bewegungen, die diese Muskeln dem Kör-

20) Auf ähnliche Art erhebt der Ruderer, indem er seinen Körper vorwärts neigt, den Griff des Ruders. Indem er sich darauf auf die Bank oder gegen den Boden des Fahrzeugs stemmt und sich zurück biegt, beschreibt das Ruderblatt einen großen Bogen im Wasser. Dies widersteht ihm nun desto stärker und länger, und der Antrieb des Schiffes nach vorn wird dadurch begünstigt. Arbore fluctum verberat adsurgens, sagt Virgil Aen., X. 207 f.

per mittheilen, denselben in einer diagonalen Richtung nach oben und vorn.

Werden der große und mittlere Brustmuskel durch den Widerstand der Luft gehindert, hinreichend freie Bewegungen nach unten und hinten hervor zu bringen und dem Oberarme mitzutheilen; so bewegt ihre fortgesetzte Action den Thorax mehr oder weniger nach vorn, und dieser zieht den Oberarm an seinem oberen Ende nach sich. Alsdann muß diese Gliedmaße das Schlüsselbein und Schulterblatt, in welche sie eingelenkt ist, nach vorn treiben: sie würde diese Knochen nach unten und hinten gezogen haben, wenn ihre Bewegung nach diesen Richtungen durch nichts gehindert worden wäre.

Die Anstrengung der Brustmuskeln zweckt zwar zum Fortschieben dieser beiden Knochen, entweder nach hinten oder nach vorn, ab, während sie zugleich auf den Oberarm wirkt: doch kann sie dieses Fortschieben nicht hervor bringen, da das Schulterblatt von seinen Muskeln, und das Schlüsselbein so wohl von seinen Muskeln, als auch von sehr festen Bändern, besonders aber von dem gabelförmigen Beine, zurück gehalten wird. [21]) Der

21) Dies hat Vicq d' Azyr angedeutet. (Discours sur l'anatomie, Livraif. II. p. 35.) Einige Jahre früher, als dieses Werk erschien, hatte ich schon meine Theorie vom Fluge der Vögel im Journal des Savans bekannt gemacht, und dem Vicq d' Azyr Nachricht davon gegeben. Dessen ungeachtet sagt er nichts von der Wechselwirkung der Brustmuskeln und der Streckmuskeln der Flügel, welche, wie ich gezeigt habe, die wesentliche Ursache des Fluges ist.

Digitized by Google

Aſt dieſes Knochens, der mit dem Schlüſſelbeine in Verbindung ſteht, ſetzt ſich vornehmlich dem Antriebe deſſelben nach vorn entgegen.

Da nun dergeſtalt der Winkel, den das Schlüſſelbein mit dem Schulterblatte macht, an der Stelle, wo der Oberarm eingelenkt iſt, ſo viel als möglich fixirt worden; ſo müſſen die Bruſtmuskeln auf den Körper des Vogels eine wechſelſeitige Ziehkraft ausüben, die ſich faſt völlig ſo verhält, wie der Widerſtand, den die Luft den Bewegungen leiſtet, die dieſe Muskeln dem Flügel mittheilen.

XI.

Beim gewöhnlichen Fliegen werden die Gelenke des Flügels alsdann ausgedehnt, wenn der Flügel ſich ſenkt und nach hinten getrieben wird. Dergeſtalt verbinden ſich alsdann die Bewegungen, die die Streckmuskeln dieſer Gelenke hervor bringen, mit denen Bewegungen, die die Muskeln, welche den Flügel ſenken, erzeugen. [22])

22) Maudunt behauptet, (Discours prélimin. à l'hiſt. natur. des oiſeaux. Encycl. méth., Tom. I. P. II. p. 356.) die Muskeln, welche die Flügelknochen bedecken, tragen durch ihre Zuſammenziehung eben ſo viel als die Bruſtmuskeln zum Fluge bei. Nach dieſen unbeſtimmten Ausdrücken kommt er wieder auf die Vergleichung der Fittige mit Rudern zurück. Indem der Vogel mit den Fittigen die Luft von oben nach unten und von vorn nach hinten treibt, entſteht, ſeiner Meinung zufolge, ein Antrieb, wodurch der Vogel erhoben und nach vorn getrieben wird.

Digitized by Google

Es sind aber die Flügelgelenke wechselsweise gerichtet. Folglich muß die gleichzeitige Action ihrer Streckmuskeln, wovon jede Wirkung durch den Widerstand der Luft unterstützt wird, in jedem Fittig dem Körper des Vogels Projections-Bewegungen mittheilen, die ihn nach oben und vorn treiben.

In diesem Sinne allein könnte man der Behauptung Borelli's Beifall geben, die er aus seiner falschen Theorie herleitet: daß nämlich das Fliegen eine Bewegung ist, welche in oft wiederhohlten Sprüngen besteht. [23])

XII.

Der Widerstand, den die Luft den Bewegungen der Schwung- und übrigen Federn der Fittige leistet, giebt der Action der Flügelmuskeln die nöthige Unter-

23) Wenn die Ausdehnung der Flügelknochen plötzlich erfolgt, so geschieht sie alle Mahl mit einem gewissen Geräusche. Dies hat Plinius sehr wohl eingesehn, wenn er (lib. X. c. 36.) sagt: Strepitus nonnisi ipsis alarum humeris eliditur.

Erfolgt diese Entfaltung des Fittigs nicht gleichförmig und allmählig, so verwirren sich die Federn unter einander. Daher kommt, daß die Taube, die, wie Plinius sagt, sehr gern mit den Flügeln dies geräuschvolle Schlagen hervor bringt, alsdann leicht vom Sperber ergriffen wird. Der Flug der Taube würde auch viel schneller seyn, wenn er nicht so oft unterbrochen würde. Diese Stelle des Plinius haben seine Commentatoren fast durchgehends mißverstanden.

Digitized by Google

stützung. Man kann also in dieser Rücksicht den Fächer, den der sich entwickelnde Fittig darstellt, mit der Hand vergleichen, die der Schwimmer, vorwärts gewandt, entfaltet, um vom Wasser einen desto größeren Widerstand zu erleiden.

Ueber dies stimmt die Wirkung der größten Schwungfedern des Fittigs mit der Richtung des Vogels im Fluge geradezu überein.

Die Biegsamkeit der Federn macht, daß der Wind den Flügeln eine Winkelform giebt. Hieraus leitet Borelli [24]) den schiefen Antrieb der Flügel her, wodurch der Vogel, indem er gehoben wird, sich zugleich nach einer horizontalen Richtung bewegt. Allein seine Erklärung dieser Sache ist durchaus fehlerhaft, und Parent hat sie daher mit vollem Rechte getadelt.

Während der Flügel gesenkt wird, verlängern die biegsamen und federharten Schwungfedern vermöge dieser Kräfte die Gegenwirkung gegen die Luft; ihre Federhärte aber setzt dem Widerstande der Luft ein neues Hinderniß entgegen. Hieraus ergiebt sich, daß, wenn die Bewegung des Fittigs länger und mühsamer entwickelt wird, die Wechselwirkung seiner Seegelmuskeln dem Körper des Vogels desto beträchtlichere Projections-Bewegungen mittheilen müsse.

Hört das Senken des Flügels auf, und fängt der Körper des Vogels an den ihm mitgetheilten Projections-Bewegungen zu folgen; so geben die Schwung-

24) Prop. 197.

federn des Fittigs, deren Federkraft wiedergekehrt ist, den Flügelknochen einen Antrieb nach oben und vorn. Sie sind nämlich durch Hülfe der Haut, an welche sie sich ansetzen, und der ihnen eigenthümlichen Muskeln in einer gegen diese Knochen mehr oder weniger schiefen Richtung eingelenkt.

Man hat geglaubt, daß die Zurückhaltung der Federkraft der Schwungfedern vorzüglich viel zum Fliegen beitrage. Allein diese Meinung ist ungegründet: denn bei vielen Vögeln sind diese Federn sehr weich; bei andern haben sie zwar eine beträchtliche Federhärte, aber dadurch können sie das Fliegen auf keine Weise begünstigen. Man kann sie mit Rudern vergleichen, deren Federhärte, auch bei den stärksten Biegungen, die die Anstrengung des Ruderers ihnen giebt, die Fortbewegung des Fahrzeuges nur in äußerst geringem Grade befördern kann.

XIII.

Die Bewegungen der entfalteten Flügel theilen dem Vogel eine Kraft sich fortzubewegen, mit, wodurch er sich eine geraume Zeit in der Atmosphäre erhalten kann. Vermittelst dieser Kraft kann er hin und her schweben, ohne die zum Fliegen nöthigen Bewegungen wieder zu erzeugen: er hilft sich dabei durch ein ganz unmerkliches Schlagen mit den Flügeln. [25])

25) Dies druckt Virgil so aus: Radit iter liquidum celeres neque commovet alas.

Digitized by Google

Auch kann der Vogel die Richtung seines Fluges abändern, je nachdem der eine oder der andere Fittig stärker schlägt und dadurch einen größeren Widerstand der Luft veranlaßt. [26]) Hierzu ist selbst die Hülfe des Schwanzes nicht nothwendig. Das Ende des entwickelten und stärker schlagenden Flügels entfernt sich alsdann entweder nach oben, oder es nähert sich nach unten einer verticalen Fläche, durch die ganze Länge des Körpers.

Im ersten gewöhnlicheren Falle wird der Vogel nach der Seite getrieben, die dem stärker schlagenden Flügel entgegen steht: im zweiten Falle wird er nach diesem Flügel hin gezogen. Auch dies stimmt wieder mit den Bewegungen des Schwimmers überein. Will sich dieser zur Rechten drehen, so sammelt er gleichsam mit der Rechten das Wasser, oder er treibt es mit der Linken zurück. [27])

26) Doch kann auch der Vogel seine Richtung verändern, ohne mit den Flügeln zu schlagen; wenn er nämlich bloß den einen Flügel mehr in die Höhe richtet als den anderen. (S. unten §. XX.)

27) Wenn man sagt, daß ein Vogel nur mit Einem Fittig fliegen kann, so versteht man darunter, daß er sich eine Kraft ertheilen kann, seinen Flug, ohne mit den Flügeln zu schlagen, sehr lange fortzusetzen. Er verändert alsdann seine Richtung, indem er wiederhohlte Schläge mit dem einen Flügel thut.

Man sagt: wenn die Taube vom Fliegen ermüdet sey, so könne sie dasselbe dennoch mit Einem Flügel fortsetzen, und dadurch entkomme sie dem Raubvogel, der sie verfolge.

Digitized by Google

XIV.

Der Schwanz der Vögel befördert und verändert auf verschiedene Weise die Wirkungen, die die Bewegungen der Fittige beim Fliegen hervor bringen.

Silberschlag hat den Nutzen des Schwanzes der Vögel sehr wohl eingesehn: hier ist das Resultat seiner Untersuchungen über diesen Gegenstand.

Bedienen sich die Vögel allein ihrer Fittige, und helfen sich nicht mit dem Schwanze, so können sie die Richtung ihres Fluges nur sehr langsam ändern; nicht allein, wenn sie sich erheben und niederlassen, sondern auch, wenn sie sich zur Seite drehen wollen: das letztere kann dann nur immer durch einen Umweg geschehn.

Je mehr der Schwanz in der Mitte ausgeschnitten ist und an den Seiten in lange Federn ausläuft, desto geschwinder und unter einem desto spitzeren Winkel kann sich ein Vogel im Fluge umwenden.

Die Schwanzmuskeln setzen sich an die Federn desselben und an das aus mehreren Stücken bestehende Steißbein. [28]) Sie hängen zum Theil an der hinteren

Die Rabbinen behaupten, nach Bochart, dies sey der Grund, warum David sich die Flügel der Tauben viel mehr als anderer Vögel wünsche.

28) Stenonis beschreibt sie in act. Hafn., vol. II. n. 127.

Mauduyt bemerkt, daß die Muskeln der Schwanzfedern auf eine Art von Fetthaut wirken, die über dem Steißbeine sich besonders verdickt, und in welche die Federn gleichsam eingefuttert sind. Je nachdem diese Muskeln jene Fetthaut zusammen ziehn oder erschlaffen, nähern sich die

Digitized by Google

Fläche des Knochens, der dem Kreuzbeine entspricht, zum Theil an der vorderen Fläche der Schaam- und Sitzknochen. Die ersteren müssen also den Schwanz nach oben, die anderen nach unten biegen.

Die Muskeln, die den entfalteten Schwanz in die Höhe richten, müssen auf die Knochen, an welche sie sich ansetzen, eine wechselseitige Wirkung äußern, die den Rumpf aufzuheben sucht, indem der hintere Theil desselben erhoben wird. Die Muskeln, die den Schwanz niederziehn, suchen gleichfalls den Rumpf an seinem hinteren Theile hinab zu ziehn.

Die Wechselwirkung dieser Muskeln kann nur sehr schwach seyn, indem sie unabhängig von dem Widerstande ist, den die Luft den Bewegungen des erweiterten Schwanzes entgegen setzt: denn die Beweglichkeit des Rumpfes ist in Verhältniß zur Beweglichkeit des Schwanzes nur sehr geringfügig. Aber diese Wechselwirkung ist desto größer, je mehr die Luft den Bewegungen des Schwanzes widersteht.

Eben diese Wechselwirkung reicht unstreitig in gewissen Fällen des Fluges hin, um den Vordertheil des Rumpfes in die Höhe zu richten, ihn niederzuziehn, oder ihm eine Seitenbewegung zu geben. Doch hängen diese Bewegungen hauptsächlich von der Action der Flügelmuskeln ab, die nach entgegen gesetzten Richtungen wirkt. Will aber der Vogel sich herab senken, so hängen sie vielmehr von der Schwere ab.

Federn ihrer Grundfläche, oder entfernen sich von derselben, und der Schwanz entfaltet sich oder zieht sich zusammen.

Digitized by Google

Nach Borelli's Meinung [29]) kann der Schwanz des Vogels als Steuerruder bei denen Bewegungen dienen, die den Körper hinauf und herunter treiben. Er meint, der bloße Antrieb der widerstrebenden Luft gegen den erhobenen Schwanz mache, daß sich der Körper des Vogels um seinen Schwerpunkt drehe und der vordere Theil erhoben werde: wirke aber die Luft auf den gesenkten Schwanz, so müsse sie den Körper niedertreiben.

Auf die Seitenbewegungen will Borelli diesen Nutzen des Schwanzes nicht ausdehnen, weil er eine horizontale und keine verticale Stellung habe. Indessen kann dennoch der Vogel, wenn er das Steißbein zur Rechten oder zur Linken biegt, die verschiedenen Federn, die seinen Schwanz ausmachen, ungleichmäßig erheben. Hierdurch kommt ihre Oberfläche schief zu stehen, und nähert sich einer verticalen Fläche, die in der Axe des Körpers liegt.

Wenn diese Bewegung in einem Fittig stärker ist und den Vogel seine Richtung ändern läßt, oder wenn er sich vermöge dieser Bewegung nach demselben Fittig hin dreht, so muß der Schwanz gleichfalls in dieser Richtung bewegt werden.

So bald der Körper des Vogels anfängt dergestalt gedreht zu werden, kann die Zurückhaltung der Federn des Schwanzes, die mehr oder weniger federhart sind, diese Drehung beschleunigen.

29) Prop. 198.

Digitized by Google

XV.

Es giebt aber noch verschiedene andere Arten, wie der Schwanz zur Richtung und Unterstützung des Fluges beiträgt.

In gewissen Fällen erleichtert und unterhält er das Gleichgewicht der bewegenden Kräfte der Flügel, indem er sich noch mehr nach dem schwächeren Fittig hin kehrt. In diesem Falle kann der Vogel keine Umstürzung nach diesem Flügel hin erleiden.

Diese Wirkung ist im Anfange des Fluges besonders auffallend. Hier können, wegen verschiedener Ursachen, und selbst in einer gänzlichen Windstille, die Flügel ungleich entwickelt und verschiedentlich gegen die Richtungslinie des Fluges geneigt seyn.

Ich habe bemerkt, daß der sich aufschwingende Vogel die Federn des Schwanzes öffnet und abgesondert hält. Alsdann bilden sie kaum merkliche Schwebungen, durch welche das Ueberschlagen des Vogels verhütet wird.

Sie dienen über dies zur besseren Unterstützung des Körpers in seinem hinteren Theile: dieser könnte sich wegen des beträchtlichen Widerstandes, den die Luft dem Vorderleibe leistet, zwischen die Flügel niedersenken. [30]) So hat man bei der grönländischen Taube

30) Je schwerer die Masse des Körpers ist, desto nothwendiger ist es, daß durch das Spiel des Schwanzes das Gleichgewicht des Körpers bei den verschiedenen Bewegungen der Flügel erhalten werde. Darum bemerkt Plinius: (lib. X. c. 38.) Vultur et ferae graviores cauda reguntur.

Digitized by Google

(Colymbus grylle), die keinen Schwanz hat, einen mühsamen Flug, während dessen sie die Luft sehr oft schlägt und den Körper fast gerade gerichtet hat.

In dieser Erhaltung des Gleichgewichts des in der Luft schwebenden und sich bewegenden Vogels ist der Schwanz des letzteren mit den Rücken- und Schwanzflossen der Fische übereinstimmend. (Abschn. V. §. VIII.) Auch den Pfeilen hat man durch die Befiederung ihres hinteren Endes einen ähnlichen Vortheil gegeben.

Wird nämlich ein langer und zugleich biegsamer und federharter Pfeil mit großer Kraft fortgeschnellt, so sucht der Widerstand, den die Luft seiner Spitze entgegen stellt, diesen Pfeil in seiner ganzen Länge zu biegen oder zu krümmen: ja, je biegsamer er ist, desto eher entstehn in seiner ganzen Länge abwechselnde Biegungen. Die letzteren hat man bei langen Pfeilen, die mit großer Gewalt abgeschossen wurden, sehr oft bemerkt. [31])

Wahrscheinlich sind diejenigen, die zuerst ihre Pfeile befiederten, hierzu durch die unbestimmte Idee verleitet worden, daß die Geschwindigkeit derselben

31) Synesius sagt: (epist. 135.) die ägyptischen Wurfspieße, die sehr lang und biegsam waren, hätten gewankt, wenn sie losgeschnellt worden. Prudentius druckt diese Biegungen der Pfeile so aus:

— — lateris finuamine flexi
ludere ventosam, iactu pereunte, sagittam.

Die Araber nennen einen solchen sich drehenden Pfeil Amujon.

Digitized by Google

durch dieses Hülfsmittel beschleunigt werden würde. Und der Erfolg hat ihre Meinung bestätigt. Dieser Erfolg scheint mir davon abzuhängen, daß die Einbiegungen und Oscillationen, die die Bewegung des Pfeils in gerader Linie verzögern, durch die Unterstützung geschwächt werden, welche die Luft den Federn des Pfeils giebt. Auf diesem Grundsatze beruht die Kunst, die Pfeile zu befiedern. [32])

XVI.

Wird der gebogene Schwanz bei einer mäßigen Erweiterung nach unten hohl, so sammelt sich viel Luft darin; und dies ist sehr nützlich, um den Vogel im Schweben zu erhalten, um ihn zu erheben und seinen Fall zu verzögern. Diese Form nimmt der Schwanz meistens zugleich an, wenn die Fittige entfaltet werden.

32) Der Ursprung dieser Kunst verliert sich in die ältesten Zeiten. Im Homer kommen die gefiederten Pfeile häufig vor. (Il., V. 171. XVI. 773.) Von dieser Kunst sagt Plinius: Mortem alitem fecimus, pennasque ferro dedimus. (lib. XXXIV. c. 14.)

Bei den Arabern war die Kunst, die Pfeile zu befiedern, sehr bekannt. Sie hatten eine Art langer Pfeile mit vier Flügeln, die sie Mirrichen nannten, und die sehr weit reichte.

Die Araber scheinen aus Erfahrung gewußt zu haben, daß die Federn unter mehr oder weniger vortheilhaften Richtungen an die Pfeile befestigt werden können. Laamon nannten sie eine Art von Befiederung der Pfeile, wo der obere Theil der einen Feder nach dem unteren Theile der anderen gerichtet ist: Golius hält diese Art von Befiederung für die vortheilhafteste.

Digitized by Google

Es giebt Vögel, wie die Reiher, deren sehr kurzer Schwanz das Fliegen nicht begünstigen kann, und doch fliegen diese Vögel sehr hoch, schnell und lange. Mauduyt bemerkt, daß bei diesen Vögeln der Mangel des Schwanzes durch die Verlängerung der Deckfedern der Flügel und durch andere Federn ersetzt wird, welche unter dem Flügel zu beiden Seiten des Körpers in die Queere stehn. 33)

Sind die Flügel und der Schwanz entfaltet und nach unten gewölbt, so treibt und erhebt sie der in diesen Gewölben zurück gehaltene Wind. Wenn alle diese zugleich entfaltete und von der Luft fortgetriebene Seegel den Vorder- und Hinterleib nicht gleichmäßig unterstützen, so senkt sich einer von beiden Theilen unter den Schwerpunkt hinab.

Der Vogel muß also, wie Mauduyt bemerkt, wenn er sich herab senken will, seine Flügel anziehn, und den Schwanz ausgespannt erhalten. Hierdurch dreht sich der Vorderleib nach unten: und nur in dem Augenblicke, da er sich niedersetzt, biegt und fixirt er den Schwanz auf Ein Mahl. Dergestalt nimmt dann der Körper wieder sein Gleichgewicht an, da der hintere Theil nun weniger unterstützt ist, und die Füße können nun desto bessere Stützen des ganzen Körpers seyn.

33) Man weiß, daß bei diesen Vögeln, wie bei den Kranichen und Störchen, die Kürze des Schwanzes durch die Länge der Beine ersetzt wird, die sie fast parallel mit dem Körper hintenaus strecken, wenn sie fliegen.

XVII.

Bis jetzt habe ich erklärt, wie der Flug durch die Action der Flügelmuskeln entsteht, und wie er seine Richtung zum Theil durch die Muskeln des Schwanzes erhält. Aber die Action dieser Muskeln muß über dies so modificirt seyn, daß sie dem Schwanze und den Fittigen einen günstigen Antrieb vom Winde oder von den Strömungen der Luft mittheilen kann.

Selbst ein widriger Wind, wenn er nur nicht zu heftig ist, kann den Flug begünstigen; denn offenbar verstärkt er den Widerstand der Luft, und unterstützt also die Wirkung der Flügel viel besser als ein günstiger Wind. Er kann aber auch in den Zwischenzeiten der Flügelschläge den Flug befördern, indem er die Fittige und den Schwanz, die in einer günstigen Stellung als Seegel wirken, vor sich her treibt. Ist aber der Wind zu stark, so hindert er freilich das Fliegen; man hat gesehn, daß durch denselben die Flügelfedern der Falken selbst verdreht wurden.

Huber unterscheidet [34]) zwei Gattungen von Raubvögeln, und zwar nach der verschiedenen Form ihrer Fittige. Sie haben nämlich entweder Ruder- oder Seegelfittige. Die Uebergänge von der einen zur anderen Form sind unendlich mannigfaltig, aber sie finden sich nur bei den anderen Klassen, die nicht Raubvögel sind.

34) Observations sur le vol des oiseaux de proie.

Digitized by Google

Der Ruderfittig ist spitzig, enge und verlängert: er hat sehr starke Federn, und die Enden derselben haben keine Zwischenräume. Der Seegelfittig dagegen ist breit und stumpf: er hat weichere Federn, und unter diesen sind die fünf größten durch beträchtliche Ausschnitte getrennt.

Im Ganzen bemerkt man, daß unter denen Vögeln, die bei widrigem Winde fliegen können, diejenigen, welche Ruderfittige haben, mit viel größerer Leichtigkeit und Schnelligkeit gegen den Wind anseegeln; daß aber die mit Seegelfittigen sich mit geringerer Kraft erheben.

XVIII.

Es giebt verschiedene Fälle, wo sich die Richtung des fliegenden Vogels auf eine durchaus passive Art, ohne den mindesten Flügelschlag und ohne den geringsten Antrieb einer merklichen Luftströmung, ändert. Dies ist die Wirkung einer neuen Lage, welche die schleunige Entfaltung der Flügel dem Körper des Vogels giebt.

Der erste dieser Fälle besteht in einem passiven Hinaufsteigen. Ein Vogel mit Ruderfittigen, der einen anderen Vogel mit Seegelfittigen äußerst schnell verfolgt, hat das Vermögen, wenn der letztere seinem Verfolger durch eine Seitenbewegung entwischt, sich im stärksten Herabstürzen mit Einem Mahle aufzuhalten, und ohne die mindeste Anstrengung wieder eben so hoch hinauf zu steigen, als er herab geschossen war.

Digitized by Google

Nach Huber's Bemerkung [35]) ist zu dieser Wirkung nichts weiter erforderlich, als daß der Vogel mit Ruderseegeln auf Ein Mahl seine Flügel wieder öffnet, die er während des Herabschießens zusammen gezogen hatte. Huber sah auch, daß ein Vogel sich durch eine gleiche Eröffnung der Flügel, während eines gleichsam tauchenden Sprunges von oben nach unten, wieder erheben kann.

Auch die Bewegungen des Vogels mit Ruderfittigen, wobei er während des heftigsten Laufes nach oben geworfen wird, scheinen mir dem eben beschriebenen Wiederaufsteigen ähnlich zu seyn. [36]) Huber beschreibt die letzteren Bewegungen unter dem Nahmen: pointes.

XIX.

Ich betrachte alle diese Bewegungen als Folgen der verdichteten elastischen Luft: ich vergleiche sie mit den Prellsprüngen eines harten Körpers, der schief gegen eine Wasserfläche geworfen wird.

Bei allen diesen Veränderungen der Richtung richtet der Vogel seinen Körper gerade, und erhebt kräftig den vorderen Theil, während er seine vorige Bewegung durch das schleunige Ausspannen seiner Flügel hemmt.

35) L. c., p. 29.

36) Huber sagt, der Vogel unterdrücke alsdann plötzlich seine Bewegung: es werde ein Ueberfluß von Kraft in Thätigkeit gesetzt, wobei sich der Vogel passiv verhalten könne. (p. 44.) Aber hierdurch erhält man keine deutliche Idee.

Digitized by Google

Dergestalt wird der Körper des Vogels gegen eine neue Luftschicht getrieben, deren Fläche sich von unten nach oben erhebt und mit der vorigen Luftschicht einen Winkel macht. Die Bewegung, die der Vogel beibehält, zersetzt sich, in Rücksicht auf diese neue Luftschicht. Der Vogel wird schief gegen sie geworfen: gerade so, wie ein Körper, der einen Prellsprung auf dem Wasser macht, nach der Seite geschnellt wird, wo er den geringsten Widerstand findet.

XX.

Es gehört zu meinem Zwecke, eine Erklärung von den Kreisen zu geben, die die Weihe bei ihrem Hin- und Herschweben in der Luft beschreibt, indem sie ihre Flügel beständig entfaltet hält, und die Erhebung derselben immer ändert. [37])

Gewöhnlich glaubt man, die Weihe erhalte während der oft langen Zeit, da sie in Kreisen umher schwebt, keinen neuen Antrieb, als nur durch die Action

37) Die Weihe kann sich vorzüglich lange im Schweben erhalten. Budäus versichert, (Bochart im Hierozoic., P. II. col. 191.) daß er sie oft länger als eine Stunde in dieser völligen Ruhe beobachtet habe.

Um den Umfang der Aecker eines reichen Eigenthümers zu schildern, sagt Juvenal, der Flug mehrerer Weihen reiche nicht hin, sie zu durchlaufen. (Sat. IX. v. 55.) Tot milvos intra tua pascua lassos. Persius wiederhohlt dieselbe Hyperbel, die ohne Zweifel zum Sprichworte geworden war. (Sat. IV. v. 26. Vergl. *Turneb.* adverf., lib. XV. c. 3.)

Digitized by Google

der Luft auf den Flügel, den sie mehr erhoben hat. Allein das wechselseitige Sinken, kein eigentliches Schlagen, der Flügel geschieht während dieses Schwebens zu selten, als daß man davon allein diese Bewegung herleiten könnte: doch ist nicht zu läugnen, daß die ungleiche Erhebung der Flügel wechselsweise verändert wird.

Die Weihe scheint anfangs durch häufiges und starkes Schlagen mit den Flügeln eine beträchtliche Bewegungskraft erzeugt zu haben. Wenn sie darauf in großen Kreisen umher schwebt, so giebt sie ihren Flügeln eine wenig bemerkbare, aber sehr schnelle, zitternde Bewegung. [38]) Durch die letztere wird sie ungefähr in derselben Höhe erhalten: hierdurch wird einiger Maßen der Verlust der anfangs erworbenen Bewegung ersetzt.

Die Weihe hält im Schweben ihre Flügel allezeit sehr ausgespannt: aber will sie ihre Richtung ändern, so erhebt sie den einen etwas höher als den anderen; den rechten z. B., wenn sie sich zur Linken drehen will, und umgekehrt. [39])

Ist der rechte Flügel höher als der linke, so hat er, verhältnißmäßig, eine geringere Oberfläche, und seine große Federn stehen weiter von einander ab. (§. 11. VIII.) Daher leistet die Luft diesem Flügel weniger

38) Dies Zittern bemerkten die Araber, und gaben deßwegen dem Vogel den Nahmen: Davmanon.

39) Dies hat man auch bei den Vögeln bemerkt, wenn sie sich umwenden. Silberschlag erklärt dies Umdrehen durch den Eindruck der Luft auf den mehr erhobenen Flügel.

Digitized by Google

Widerstand als dem linken, der bei der Bewegung des Vogels fixer bleibt. Dergestalt wird durch diesen ungleichförmigen Widerstand der Luft die ursprüngliche Richtung der Bewegung verändert, und in jedem Augenblicke, da diese Ungleichförmigkeit fortdauert, muß der Vogel sich nach einer neuen Richtung bewegen.

Diese auf einander folgende Richtungen bilden eine in sich zurück laufende krumme Linie, die dem Kreise mehr oder weniger nahe kommt.

An den verschiedenen Stellen dieses Kreises kann die Weihe hinauf oder herab steigen, je nachdem sie den Hinterleib in die Höhe richtet oder niedersenkt: dies geschieht, bei gleicher Ausdehnung der Flügel, vorzüglich durch die Wirkung des Schwanzes. (§. XVI.)

Die Bewegungen des Schwanzes sichern und mäßigen auch die Seitenbewegungen, wodurch der Kreis beschrieben wird. Sie verändern sich übrigens nach dem verschiedenen Widerstande, den der Wind oder die Luftströmung den Bewegungen des Vogels entgegen setzt. 40)

Dies Beispiel reicht hin, um die Ursachen aller Wendungen zu erklären, die die Vögel bei ihrem kreisenden Schweben in der Luft machen können, ohne daß sie ihren Flügeln andere als die angezeigten wenig bemerkbaren Bewegungen geben.

40) Man sehe über die Bewegungen des Schwanzes beim Umwenden Silberschlag. Diese Bewegungen werden bei der Weihe dadurch sehr erleichtert, daß der Schwanz gabelförmig ist. Plinius sagt: (lib. X. c. 10.) Milvi videntur artem gubernandi docuisse caudae flexibus.

Digitized by Google

XXI.

Nachdem ich gezeigt habe, wie die verschiedenen Kräfte wirken, die den Vogel im Fluge fortbewegen: so habe ich noch zu erklären, worin das nothwendige Gleichgewicht dieser vorwaltenden oder zusammen gesetzten Kräfte bestehe; wie die Richtung des Fluges beständig oder veränderlich ist, je nachdem die Richtungen dieser vorwaltenden Kräfte durch den Schwerpunkt des Vogels gehn oder nicht; endlich habe ich zu erklären, wodurch dieser Schwerpunkt verrückt, und der Zusammenfluß der Richtung dieser vorwaltenden Kräfte im Schwerpunkte leichter bestimmt und fixirt wird.

In jedem Fittig können sich die Schwung- und übrigen Federn in verschiedenen Flächen bewegen, und bewegen sich wirklich sehr oft darin. Die Antriebe, die die Federkraft dieser Federn hervor bringt, haben auch verschiedene Richtungen, je nachdem die Lage der Flügelknochen, an welche sich diese Federn ansetzen, verschieden ist.

Die Kräfte der Muskeln, die den Oberarm nach hinten und unten bewegen, und die Kräfte der Streckmuskeln der Flügelknochen geben in jedem Fittig dem Körper des Vogels Antriebe, deren Richtungen verschieden sind und in verschiedenen Flächen liegen.

Alle diese bewegende Kräfte des Fittigs lassen sich auf zwei daraus hervor gehende zurück bringen: die eine wirkt nach der Axe des Körpers, und die andere senkrecht auf diese Axe.

Die letztere Kraft sucht den Körper gegen die vorwaltende unter den bewegenden Kräften des anderen

Digitized by Google

Fittigs, oder vielmehr um den Unterstützungspunkt des letzteren zu treiben: das will sagen, sie treibt den Körper um den Mittelpunkt der Drehung, der in jedem Augenblicke seiner Wirkung am Ende dieses Flügels entsteht. Halten diese vorwaltende Kräfte einander nicht das Gleichgewicht, oder sind sie ungleich; so kann der Körper des Vogels nicht unterstützt werden, sondern er muß sogleich sich um den Unterstützungspunkt des schwächsten Flügels umstürzen.

Dies ist der Grund einer bekannten und merkwürdigen Thatsache, von der man bis jetzt noch keine genaue Erklärung geliefert hat. Ein Vogel nämlich, dem man die Federn eines Fittigs wegschneidet, kann nicht weit fliegen, und zwar desto weniger, je beträchtlicher die Verstümmelung ist. Er kann sich nicht im Gleichgewichte erhalten, und fällt nieder, indem er sich nach der Seite des abgeschnittenen Flügels umdreht. Schneidet man ihm aber an beiden Flügeln dieselben Federn weg, so kann er sich im Gleichgewichte erhalten, sogar weit wegfliegen, obgleich dieses ihm viel mehr Anstrengung verursacht, und er deßwegen auch viel langsamer fliegt, als vor der Verstümmelung. [41])

XXII.

Die vorwaltenden unter den bewegenden Kräften der einzelen Theile des Körpers müssen sich nach Richtungen bewegen, die in dem Schwerpunkte zusammen

41) Vergl. Silberschlag a. a. O.

laufen, damit sich die Theile des Körpers nicht um diesen Schwerpunkt drehen. [42])

So lange der Vogel um seinen Schwerpunkt gedreht wird, in welchem die Richtungen seiner bewegenden Kräfte nicht zusammen laufen; so muß sich die Richtung seiner vorwärts gehenden Bewegung, oder des Widerstandes der Luft, die jener entgegen wirkt, beständig ändern. Der Körper des Vogels wird demnach alsdann in die Queere bewegt, und beschreibt eine Curve, die ihn immer weiter von seiner ersten Richtung entfernt.

Um in dem Fluge beständig die ursprüngliche Richtung zu behalten, muß daher der Vogel die vorwaltenden Kräfte der wechselseitigen Action, welche die Muskeln, die die Flügel senken und die die Flügelgelenke ausdehnen, nach dem Schwerpunkte seines Körpers hin richten. Dahin muß auch die Richtung der vorwaltenden unter den bewegenden Kräften seines Schwanzes gehen, wenn das Gleichgewicht der bewegenden Kräfte der Flügel erhalten werden soll. (§. XV.)

Die automatische Anstrengung des Vogels, um die vorwaltenden bewegenden Kräfte seiner Flügel nach dem Schwerpunkte zu richten, wird durch die Lage der

42) Bekommt ein Körper einen Antrieb nach einer Richtung, die nicht durch den Schwerpunkt geht, so wird der letztere nach einer mit jener parallelen Richtung bewegt, aber zugleich drehn sich die übrigen Theile dieses Körpers um diesen Punkt, als wenn er sich in Ruhe befände. (*Bezout* cours de mathém., P. IV. art. 322.)

Digitized by Google

Stellen begünstigt, an welche sich die Flügel in Rücksicht auf diesen Schwerpunkt ansetzen. In der That bemerkt man allgemein, daß die Flügel entweder mehr nach vorn oder nach hinten stehn, je nachdem der Vorder- oder der Hinterleib mehr Gewicht hat. [43])

XXIII.

Wenn der Körper eines Vogels schwer, und seine Flügel in Verhältniß schwach sind, so können die Muskeln, die die Flügel senken und ihre Gelenke ausdehnen, nur dadurch zur Fortsetzung des Fluges mitwirken, daß sie starke und oft wiederhohlte Wechselwirkungen auf den Körper des Vogels äußern.

Allein wenn die Flügel gleich eine bequeme Lage in Rücksicht des Schwerpunkts haben: so werden doch die beträchtlichen Anstrengungen ihrer Muskeln zu sehr geschwächt, in so fern dieser Vogel automatisch bestimmt wird, nur die Kräfte anzuwenden, welchen er eine Richtung nach dem Schwerpunkte geben kann; denn diese Kräfte müssen von denen zerstört werden, welche die Flügelmuskeln nach den anfänglichen Richtungen ihrer Wechselwirkung haben.

Darum kann ein schwerer Vogel mit schwachen Flügeln nicht beständig in gerader Linie fortfliegen: er würde dies können, wenn er seinen bewegenden Kräften beständig die Richtung nach seinem Schwer-

43) *Mauduyt* discours génér. sur la nat. des oiseaux; in der Encycl. méth., p. 356.

Digitized by Google

punkte zu geben vermöchte. Er wird also genöthigt seyn, in schiefer Richtung nach der einen oder anderen Seite zu fliegen, je nachdem er, vermöge der Lage seines Körpers, den mittleren Antrieb aufnehmen kann, den ihm die vorwaltenden seiner bewegenden Kräfte mittheilen.

Dies scheint mir die bis jetzt bekannte Ursache der schiefen Bewegungen zu seyn, die mehrere Vögel in ihrem Fluge annehmen, ungeachtet ihre Flügel eine schickliche Lage in Rücksicht des Schwerpunkts haben.

Aus diesem Grunde können die Hühner und Pfauen nicht in gerader Linie fliegen: [44]) darum gleitet die Wachtel gleichsam in einer schiefen Richtung fort, da ihre Kräfte durch die großen Anstrengungen, die ihre kleine Flügel anwenden müssen, sehr bald erschöpft werden. [45])

Ich glaube, daß mehrere Vögel deßwegen erst eine Zeit lang herum tappen, ehe sie sich aufschwingen, um nämlich die Richtung ihres Fluges dadurch mehr zu sichern. Die Taube z. B. schlägt nicht allein vor dem Auffliegen mit den Flügeln, sondern sie macht auch

44) Aristoteles (de incell. anim., c. 10.) leitet es davon her, daß das Steißbein bei diesen Vögeln nicht die Gestalt eines Steuerruders hat, und also den Flug nicht gehörig richten kann.

45) Der Habicht und Sperber fliegen auch in etwas schiefer Richtung. Sie stürzen sich nicht gerade auf ihre Beute, sondern ergreifen sie von der Seite.

Digitized by Google

einen offenbaren Umweg, ehe sie ihren Flug in gerader Linie verfolgt.

Diese allen Tauben gemeine Art zu fliegen ist bei der Ring- oder Schlagtaube am auffallendsten. Diese dreht sich in die Runde, wenn sie fliegt, und bewegt ihre Flügel so geräuschvoll und heftig, daß sie oft einige Federn zerbricht.

Aber der Tümmler (Pigeon culbutant) strengt sich vergebens an, die vorwaltenden unter seinen bewegenden Kräften nach dem Schwerpunkte zu richten. Diese Taube fliegt zwar mit großer Leichtigkeit, ja selbst höher als andere; aber sie überschlägt sich beständig im Fliegen, wie ein geworfener Körper, oder wie ein Ball, der sich um seine Axe dreht.

Eine ähnliche Ursache erzeugt bei den Schnepfen und Becassinen die ausgeschweiften und gleichsam hakenförmigen Linien im Fluge. Da ihr langer und zugespitzter Schenkel mit der größten Leichtigkeit die Luft zertheilt, so muß sich der Körper desto mehr niedersenken, je mehr ihr Schwerpunkt in Verhältniß herab steigt. Natürlich können diese Vögel unter solchen Umständen nur mit großer Mühe den bewegenden Kräften ihrer Flügel eine Richtung nach dem Schwerpunkte mittheilen. Sie fliegen daher oft in schiefer Richtung, und suchen die Abweichungen zur Seite durch bogenförmige Richtungen, die sie ihrem Fluge wechselsweise geben, wieder auszugleichen.

Man sieht leicht ein, warum gewisse Vögel, wie die Ohreule und die Fledermaus, beständig in die Queere

Digitized by Google

fliegen. [46]) Weil ihre Flügel eine zu hohe Lage haben, und ihr Schwanz unvollständig ist, so wird es ihnen äußerst schwer, ihren bewegenden Kräften eine Richtung nach dem Schwerpunkte zu geben, zumahl, da ihr Kopf, so wie der Hals und die Beine, sehr kurz ist.

XXIV.

Aus einer ähnlichen Ursache überschlagen sich die Schmetterlinge im Fliegen. Man sagt, [47]) dies geschehe wegen der platten und nicht gewölbten Form ihrer Flügel; doch sind diese wirklich etwas von vorn nach hinten gewölbt. Auch sagt man, sie fliegen im Zickzack nach allen Richtungen, weil ihre Flügel nur einer nach dem anderen, und vielleicht mit wechselsweise ungleichen Kräften die Luft schlagen.

Aber die Haupturſache liegt in der Schwäche und zu hohen Lage ihrer Flügel. Vermöge ihrer Anstrengungen können diese Insecten also nur auf kurze Zeit ihren Schwerpunkt unterstützen: die vorwaltenden unter den bewegenden Kräften ihrer Flügel können sie nicht beständig gegen diesen Punkt richten, um den sich nun ihr Vorderleib bewegt oder überschlägt. Man weiß,

46) (*Plin.* lib. X. c. 12. Bubo volat nunquam quo libuit, sed transversus aufertur. Nach Buffon's und Daubenton's Bemerkung ist der Flug der Fledermaus nicht gerade, auch nicht hoch, sondern sehr unvollkommen und erfolgt in schleunigen Vibrationen.

47) *Huber* p. 9.

Digitized by Google

daß durch die nothwendige Wiederhohlung ihrer schwachen Anstrengungen eine sehr schnelle und häufige Bewegung der Flügel bei gewissen Insecten, nahmentlich bei den Mücken und Hornissen, entsteht, die mit einem beständigen summenden Geräusche verbunden ist.

Es giebt eine Klasse von Insecten, die man halterata genannt hat, weil sie Halteren, das heißt, kleine Gewichte oder Knöpfchen auf beweglichen Stielchen, unter dem hinteren Theile der Flügel tragen. Man hat diese Halteren für Balancir-Stangen gehalten; aber nicht erklärt, wie sie wirken.

Derham hat bemerkt, daß man diese Halteren nur bei den Insecten mit zwei Flügeln, z. B. bei der Fliege, Mücke, Bremse, Schnake u. s. w., findet.

Nach seiner Bemerkung kann das Insect, wenn man eins dieser Kölbchen wegschneidet, nicht lange fliegen, ohne sich nach der einen Seite zu überschlagen und niederzufallen. Dasselbe geschieht bei anderen Insecten, die vier Flügel haben, wenn man ihnen einen von den kleinen Nebenflügeln wegschneidet. Derham hat ferner bemerkt, daß, wenn man auf beiden Seiten jene Knöpfchen wegschneidet, das Insect sehr träge und in die Queere fliegt.

Ohne Zweifel wirken die Halteren, zugleich mit den Flügeln, zur gleichmäßigen Unterstützung des Körpers von allen Seiten. Schneidet man einem Insecte nur Ein Kölbchen weg, so wird der Flügel auf dieser Seite in seinem Widerstande geschwächt, und vermöge der stärkeren Wirkung des Flügels und des Kölbchens

Digitized by Google

auf der anderen Seite überschlägt sich der Körper nach dieser Seite.

Bei diesen Insecten können die vorwaltenden Kräfte nicht mit gehöriger Beständigkeit nach dem Schwerpunkte gerichtet werden, weil die Flügel zu schwach und zu entfernt vom Schwerpunkte sind, wenn diese Kölbchen, die wie Balancir-Stangen wirken, nicht den Schwerpunkt nach den verschiedenen Orten hin bewegen, wo die Richtungslinien der vorwaltenden Kräfte in ihm zusammen laufen können. Hat man also auf beiden Seiten die Kölbchen weggeschnitten, so können die Kräfte der Flügel sich nur auf sehr kurze Zeit nach dem Schwerpunkte richten: der Körper des Insects umschlägt sich oft; es fliegt in die Queere, und beschreibt eine krumme Linie, die es immer weiter von seiner anfänglichen Richtung entfernt.

Vermuthlich haben die Fühlhörner, die bei verschiedenen Schmetterlingen eine sehr abweichende Bildung haben, auch unter anderen den Nutzen, daß sie ihren Schwerpunkt auf die Linie der anfänglichen Richtung zurück bringen.

Auch kann zum Theil der Nutzen dieser Organe darin bestehn, daß das Insect das Fühlhorn auf der Seite, wohin es seinen Körper richten will, ausstreckt, oder in die Queere fixirt: hierdurch entsteht eine verhältnißmäßige Unterstützung, die das Drehen des Körpers nach dieser Seite erleichtert. 48)

48) Diesen mechanischen Nutzen der Fühlhörner gebe ich bloß als wahrscheinlich an. Es ist vielleicht klüger, mit de

XXV.

Die Natur hat den Vögeln ein großes Hülfsmittel dargeboten, um die vorwaltenden unter den bewegenden Kräften der Flügel und des Schwanzes, trotz der Veränderlichkeit derselben und ihrer Richtungen, dennoch mit beträchtlicher Leichtigkeit nach dem Schwerpunkte des Körpers zu richten. Es besteht dieses Hülfsmittel in dem Vermögen der Vögel, ihren Schwerpunkt nach vorn oder nach hinten und selbst zur Seite äußerst leicht zu verrücken.

Diese Verrückung wird durch die willkührliche Verlängerung oder Verkürzung des Halses oder der Beine und durch die Bewegung der Fittige nach und von dem Kopfe hervor gebracht.

Der Schwerpunkt des Vogels kann auch seitwärts verschoben werden, durch Hülfe der Seitenbewegungen des Kopfes und Schwanzes.

Endlich entsteht diese Verschiebung des Schwerpunkts zum Theil durch die Erweiterung und Verengung der Lungen und der großen Luftblasen im Thorax und im Unterleibe. Dies sind automatische Veränderungen, die der Vogel dadurch bewirkt, daß er die Grade und die Dauer des Ein- und Ausathmens ver-

Geer zu gestehn, daß wir ihren Nutzen gar nicht kennen. Meine Vermuthungen scheinen mir aber doch gegründeter, als die, welche Linné vorträgt, wenn er die Fühlhörner für Organe eines uns unbekannten Sinnes hält. (Amoenit. acad., vol. VI. n. 133.)

schiedentlich modificirt. Daß aber hiervon die Erweiterung der Lungen und der großen Luftblasen abhängt, wird weiter unten (§. XXVIII.) gelehrt werden. [49])

Diesen Hauptvortheil der Verschiebung des Schwerpunkts bei den Vögeln haben Borelli [50]) und andere Schriftsteller durchaus verkannt. Den Nutzen dieser Verrückung haben sie bloß bei dem Uebergange von dem gewöhnlichen Fortschreiten zum Fluge angenommen: zugleich haben sie den Nutzen der Ausdehnung seines Körpers darein gesetzt, daß der Vogel nach einer größern Luftschicht getrieben wird.

XXVI.

Jetzt glaube ich die wahre Theorie des Fluges der Vögel vollständig angegeben zu haben. Ich komme nunmehr zur Betrachtung eines Gegenstandes, dessen Untersuchung diese Theorie zwar nicht entkräften kann, aber die doch genau damit zusammen zu hängen scheint. Dies ist der Nutzen der durch das Athmen aufgenommenen Luft, die in die Knochen der Vögel übergeht.

Camper hat zuerst die Entdeckung gemacht, [51]) daß bei den Vögeln die Arm- oder oberen Flügelknochen, die Schlüsselbeine, die Brustknochen, die Rückenwirbel, die Darmbeine, und bei den hoch fliegenden, wie bei

49) Diese Wirkung ist dem Nutzen der Luftblasen der Fische ähnlich. (Abschn. V. §. XII.)

50) Prop. 185.

51) Kleine Schriften, Th. I. S. 94 f.

dem Adler und dem Storche, selbst die Schenkelbeine völlig hohl, ohne Mark, und mit beträchtlichen Oeffnungen durchbohrt sind, durch welche die Luft aus der Luftröhre oder aus den Luftblasen der Brust und des Unterleibes in die Höhlen dieser Knochen eindringt.

Er entdeckte ferner häutige Blasen und Röhren, durch welche an verschiedenen Orten diese Mittheilung der geathmeten Luft bewirkt wird.

Merrem hat diese Untersuchungen noch weiter fortgesetzt: er spritzte, theils durch die Höhlen der Knochen, theils durch die Luftröhre, diese Luftbehältnisse mit Wachs aus, und konnte dergestalt der Societät der Wissenschaften zu Göttingen das ganze System dieser Luftgefäße vorlegen. [52])

Ueber dies hat Camper bemerkt, daß die Schädelknochen und der Unterkiefer der Vögel gleichfalls Luft aus den Eustachischen Trompeten aufnehmen, und daß die Luft aus der Nase zwischen die beiden Knochenplatten des Stirnbeins und der Pflugschaar hinein dringe.

Die Luft, die die Vögel athmen, dringt auch in das unter der Haut liegende Zellgewebe, und blähet dasselbe auf. Mery sahe bei der Zergliederung eines Pelikans eine große Menge Luft aus allen Hautzellen hervor kommen. [53])

Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Röhren der Federn, die beim Adler und beim Reiher bis an die

52) Leipziger Magazin zur Naturkunde, J. 1783. S 201.

53) Mém. de l'acad. à Paris, avant 1699, tom. II. p. 144.

Spitze vollkommen hohl sind, sich ebenfalls mit Luft anfüllen. Aber wie die Luft in diese Röhren eindringe, das hat Camper unerklärt gelassen, [54]) und es ist auch bis jetzt noch ein Geheimniß. Die Versuche, welche der berühmte und würdige Lorry über die Art dieses Durchdringens angestellt hatte, sind nicht bekannt geworden, und es bleibt uns also nichts übrig, als Vermuthungen darüber zu wagen.

XXVII.

Hunter hält dafür, [55]) daß die in den Knochen der Vögel enthaltene Luft nicht so wohl das Fliegen befördere, als vielmehr die Stärke der Stimme vermehre. Doch kann dies nur ein Nebennutzen seyn, so wie er es in Rücksicht der in den großen Luftblasen enthaltenen Luft ist.

Um Hunter's Meinung zu beweisen, müßte man erst darthun, daß bei den Singvögeln weit mehr Knochen mit Luft angefüllt sind, als bei anderen. Dies kann aber nicht bewiesen werden. Hunter's Behauptung ist über dies dem Resultate von Camper's Beobachtungen entgegen, nach welchem gerade die hoch und lange fliegenden Vögel die meisten mit Luft erfüllten Knochen haben. Der Storch fliegt sehr hoch und macht ungemein lange Reisen; aber er hat wenig oder gar keine Stimme, und doch sind seine Knochen am meisten mit Luft erfüllt.

54) A. a. O., S. 157.

55) Philos. transact., vol. LXIV.

Nach Camper's Meinung wird die Luft, die in die Knochen dringt und sich dort durch das Athmen erneuert, nothwendig leichter, vermöge der beträchtlichen Wärme, die dem Körper der Vögel eigen ist. Dies ist die Ursache, warum sich der Vogel specifisch leichter machen kann, als die Atmosphäre; auch geschieht dies durch die Erweiterung der Luftblasen in der Brust und im Unterleibe.

Gegen diese Meinung, die schon allgemeinen Beifall erhalten hat, glaube ich einen entscheidenden Einwurf machen zu können.

Das specifische Gewicht des Vogels nämlich kann abnehmen, wenn seine Luftblasen durch die Verdünnung der darin enthaltenen Luft erweitert werden. Aber wie sollen sich die Knochenröhren erweitern, wenn die Luft in denselben verdünnt ist? Hierdurch kann die specifische Schwere des Vogels nur in so fern vermindert werden, als das Gewicht der in den Knochen enthaltenen Luft vermöge der entstandenen Verdünnung abnimmt. Nun aber ist der Unterschied der Schwere dieser Luft vor und nach ihrer vorgeblichen Verdünnung einer unendlich kleinen Größe gleich zu setzen, und es ist also sehr unwahrscheinlich, daß diese unendlich kleine Zu- und Abnahme auf die specifische Schwere des Vogels einen beträchtlichen Einfluß haben könne.

Man könnte noch hinzu setzen, die innere Luft werde durch das Athmen sehr oft erneuert; die Zunahme an Leichtigkeit durch die verdünnende Wärme müsse also durch den Zutritt der atmosphärischen Luft oft wieder

zerstört werden. Ja, was noch mehr ist: die geathmete Luft ist schon durch die eigenthümliche Wärme des Vogels verdünnt, ehe sie in die Knochen dringt.

Silberschlag macht über den Nutzen der in den Knochenhöhlen enthaltenen Luft noch andere Vermuthungen, die aber hier umständlich zu widerlegen unnöthig ist.

Unter anderen sagt er, die fixe Streckung der Flügel im Fliegen scheine, wenn sie, wie bei der Weihe, sehr lange fortdauert, nicht bloß von der Action der Brustmuskeln abzuhängen, die sonst davon steif werden müßten; sondern vielleicht liege der Grund davon eben so sehr in der Wirkung der entgegen gesetzten Luftströmung, die der Vogel einathme. [56]) Aber wie soll die Streckung der Flügel beständig in demselben Grade fortdauern, da die Strömung der geathmeten Luft durch das wechselseitige Ausathmen beständig unterbrochen, ja selbst zurück getrieben wird?

Denkt man nach allem dem, was bis jetzt über diesen Gegenstand gesagt worden, ernstlich über den Nutzen der Luft, die in die Knochen der Vögel dringt,

56) Er führt eine Beobachtung von Bloch an, nach welcher sich die Fittige des Vogels erweitern, wenn die Luft, die man in eine Oeffnung der Wirbel geblasen hat, in den Oberarm eindringt. Bloch sagt auch, (Beschäft. der Berl. Gesellschaft Naturforsch. Freunde, Th. IV. S. 581.) der ganze Körper der Vögel sey voll Säcke, die die in die Luftröhre geblasene Luft anfüllt. Auch die oberen Flügelknochen werden dergestalt von dieser Luft erfüllt und erhoben.

Digitized by Google

nach; so wird man geneigt, auf Silberschlag's Seite zu treten, wenn er bekennt, daß der Endzweck dieser Veranstaltung immer räthselhafter wird, je weiter man ihm nachspürt.

XXVIII.

Ehe ich meine Meinung von dem Nutzen der Luft, die in verschiedenen Theilen des Körpers der Vögel enthalten ist, vortrage, will ich untersuchen, wie der Vogel nach Willkühr seine Luftgefäße anfüllen und ausleeren kann.

Ich meine, alle Luftgefäße der Vögel, die nicht in den Lungen liegen, werden hauptsächlich vermöge einer eigenthümlichen Verrichtung der Athem-Werkzeuge mit Luft erfüllt. Um diese Verrichtung zu erklären, glaube ich meine Theorie vom Mechanismus des Athmens der Vögel vortragen zu müssen.

Die Organe, durch welche, bei erweiterter Brusthöhle, die Vögel Luft einziehn, sind folgende:

1. Die Muskeln, welche die eigentlich so genannten Ribben, oder die Theile der Ribben, die in die Brustwirbel eingelenkt, und von ihren Anhängen oder Sternal-Theilen getrennt sind, nach oben und außen ziehn.
2. Die Muskeln, welche man bei den Vögeln Lungenmuskeln nennt, und die jene eigentlich so genannte Ribben fixiren.

Diese Lungenmuskeln üben in dieser Rücksicht eine Action aus, die der Verrichtung des Zwerchmuskels ähnlich

Digitized by Google

ist. [57]) Es müssen ferner diese Muskeln, wenn sie sich bei ihrer Zusammenziehung gerade richten und flach werden, die Luftblasen in der Brust und im Unterleibe zusammen drücken, und dergestalt einen Theil der darin enthaltenen Luft entweder in die Lungen oder in andere Luftgefäße des Körpers übertreiben.

Bei dem Ausathmen hören die Hebemuskeln der Ribben, so wie die Lungenmuskeln, auf zu wirken: die eigentlich so genannten Ribben werden, hauptsächlich durch die Bauchmuskeln, verengert und niedergedrückt.

Ist die Wirkung des Ausathmens gemäßigt, so wird die in den Lungen enthaltene Luft alsdann zum Theil in die anderen Luftgefäße des Körpers, und vorzüglich in die großen Luftblasen der Brust und des Unterleibes übergetrieben. Sie geht desto eher in diese Blasen über, je mehr der Raum derselben alsdann durch die Action der Bauchmuskeln erweitert ist. Diese setzen sich an die knöchernen Anhänge der Ribben und an das Brustbein, und bewegen die vorderen und unteren Theile der Brust vor- und hinunterwärts.

Geschieht aber die Zusammenziehung derer Muskeln, die das Ausathmen bewirken, mit beträchtlicher Gewalt, so müssen durch dieselbe die Luftblasen in der Brust und im Unterleibe gedrückt, es muß die darin

57) Die Pariser Anatomen haben gesagt, der Zwerchmuskel werde bei den Vögeln durch die Lungenmuskeln und durch die häutigen Säcke, welche die Luftblasen bilden, ersetzt. (Mém. avant 1699, tom. III. P. II. p. 166)

Digitized by Google

enthaltene Luft in die Luftgefäße der Knochen und anderer Theile des Körpers übergetrieben werden. In diese geht sie zu gleicher Zeit aus der Luftröhre über, wenn das Ausathmen alsdann mehr oder weniger unterbrochen wird.

XXIX.

Die Kräfte, die die Luft in die inneren Gefäße der Knochen treiben, sind so beträchtlich, daß, wenn man einen Flügelknochen entzwei bricht, die heraus fahrende Luft ein davor gestelltes Licht auslöschen kann. Dies ist eine Erfahrung, die Bloch gemacht hat und die Silberschlag anführt.

Aus dem Vorhergehenden erhellet, daß die Luft aus den großen Luftblasen während des Einathmens mit Gewalt in die Luftgefäße der Knochen getrieben wird. Sie scheint mir indessen mit der vorzüglichsten Stärke in diese Gefäße getrieben zu werden, wenn bei beschwerlichem Ausathmen die Luft nicht schnell genug aus den Lungen durch die Luftröhre entweichen kann, und wenn sie, nachdem sie die großen Luftblasen ausgedehnt hat, genöthigt ist, sich alle andere Wege zu eröffnen, wodurch sie in andere Höhlen des Körpers eindringen kann.

Das Ausathmen wird beschwerlich, wenn während der Anstrengung der Athem-Werkzeuge die Kehlritze des oberen oder beider Larynx zusammen gezogen wird. Die Kraft, womit die Luft alsdann aus den Lungen in die anderen Luftbehälter übergeht, steht mit der Be-

Digitized by Google

schwerde, womit die Luft ausgetrieben wird, in Verhältniß. Sie wird aber willkührlich, nach dem Bedürfnisse und dem Instincte des Vogels, durch die Verengerung der Kehlritze und durch die gleichzeitige Wirkung derer Muskeln, die zum Ausathmen dienen, gemäßigt. 58)

Auf die beträchtliche Verengerung der Stimmritze, wodurch das Ausathmen beschwerlich und verlängert, und eine verhältnißmäßige Erweiterung der Luftblasen des Vogels hervor gebracht wird, beziehe ich einen merkwürdigen Umstand, welchen man bei dem Fluge der Lerche bemerkt hat.

Die Lerche fängt, indem sie sich von der Erde aufschwingt, an zu singen: so wie sie sich ganz senkrecht

58) Diesen Fall von zum Theil gehindertem Ausathmen muß man wohl von dem unterscheiden, wo man seinen Athem zurück hält.

In dem letzteren wird das Athmen unterbrochen, weil die Kehlritze gänzlich geschlossen ist, indem zugleich der Zwerchmuskel und die Hebemuskel der Ribben wie beim Einathmen wirken und die Bauchmuskeln sich zusammen ziehn. Die bloße Gegenwirkung der zurück gehaltenen Luft kann dazu dienen, den Zwerchmuskel in seiner Zusammenziehung zu unterstützen: aber jener Effect wird doch durch die vereinten Anstrengungen des Zwerchmuskels, der Hebemuskeln der Ribben und der Bauchmuskeln bewerkstelligt; er dient insbesondere beim Aufheben schwerer Lasten, indem die Armmuskeln dadurch fester an die Brust sich anschließen.

In meiner nova doctrina de funct. nat. human., 1774. p. 29 f. habe ich zuerst eine Theorie von den Wirkungen der zum Theil zurück gehaltenen Luft gegeben.

Digitized by Google

erhebt, so wird ihre Stimme immer stärker. Ist sie so hoch gestiegen, daß man sie mit den Augen kaum erreichen kann, so hört man doch ihre Stimme ganz vernehmlich. So wie sie sich aber wieder zur Erde senkt, wird ihre Stimme immer schwächer, bis sie endlich ganz schweigt, wenn sie sich niedergesetzt hat.

Die besondere Ursache, warum die Lerche gerade dann anfängt zu singen, oder die Stimm-Chorden zu spannen und die Stimmritze zu verengern, mag seyn welche sie will; so müssen nothwendig die mehr und mehr erweiterten Luftblasen einen stärkeren Wiederhall der in der Stimmritze schallend gewordenen Luft hervor bringen, wenn die Stimme beim Aufschwingen in die Lüfte stärker werden soll. Nun aber können die Luftblasen in diesem Falle nicht über das natürliche Maaß erweitert werden, wenn nicht während des durch die Verengerung der Stimmritze verlängerten Ausathmens die Luft aus den Lungen hinein getrieben wird.

Diese starke und immer wachsende Ausdehnung der Luftblasen ist aber auch in anderer Rücksicht für die Lerche vortheilhaft. Indem sie nämlich mit großer Schnelligkeit in eine äußerst hohe Region der Atmosphäre aufsteigt, so kann die dort sehr verdünnte Luft die Luftblasen nur schwach erweitern, und eben diese verdünnte Luft macht die größere Leichtigkeit des Vogels nothwendig.

XXX.

Die Luftblasen der Brust und des Unterleibes könnten von der Luft übermäßig ausgedehnt, und die

Digitized by Google

Ribben dadurch von unten nach oben widernatürlich getrieben werden, wenn die letzteren nicht hakenförmige Fortsätze an ihrem unteren Rande hätten.

Diese Haken halten die Ribben, auf denen sie liegen, zusammen, und verhindern, daß die untere nicht über den Rand der oberen heraus tritt. Sie sind auch äußerst nothwendig, um die Verschiebung des Brustgewölbes zu verhüten, zumahl, da der Winkel, den die beiden Theile der Ribbe, nämlich die eigentliche und der Anhang derselben, mit einander machen, einer großen Ausdehnung fähig ist, und die Luftblasen der Brust und des Unterleibes sich ausnehmend erweitern lassen. Ich glaube nicht, daß vor mir jemand den Nutzen dieser Haken so genau bestimmt hat.

Bei den Anstrengungen, die das unvollkommen verhinderte Ausathmen erzeugt, scheinen die Vögel die beschwerliche Austreibung der Luft desto besser mäßigen zu können, da sie zwei Stimmritzen über einander haben.

Die Klappen in den Nasenlöchern, die der Vogel nach Willkühr eröffnen und schließen kann, sehe ich mit Silberschlag als Hülfswerkzeuge der Stimmritzen, in Rücksicht des angezeigten Nutzens, an.

Sind diese Klappen mehr oder weniger geschlossen, so widersteht die von innen auf sie andringende Luft derjenigen, die das unvollkommen verhinderte Ausathmen hervor treibt. Diese Luft geht ebenfalls zum Theil in die Schädelknochen und in den Unterkiefer durch die

Oeffnungen über, die Hunter und Camper entdeckt haben. [59])

XXXI.

Nach dieser Untersuchung über die Mittel, wodurch die Luft in die Knochen des Vogels eindringen kann, will ich nun zeigen, daß der Flug am vortheilhaftesten durch die Gegenwirkung dieser in den Knochenhöhlen eingeschlossenen Luft modificirt wird.

Ich habe erwiesen, daß die Muskeln, die die Flügel senken und strecken, durch ihre Wechselwirkung den Körper des Vogels erheben und ihn vorwärts bewegen. Die Kraft dieser Wechselwirkung steht in Verhältniß zu dem Widerstande, den die Flügel ihrer Streckung und ihrer Bewegung nach hinten und unten leisten. Dieser Widerstand aber steht wiederum in Verhältniß mit demjenigen, den die äußere Luft diesen Bewegungen der Flügel entgegen setzt.

Erfolgt die Action der bewegenden Muskeln der Flügel zu schleunig, so werden die Flügel mit der äußersten und nachtheiligsten Geschwindigkeit bewegt: sie erhalten nämlich zu wenig Unterstützung von dem Wider-

59) Daß die Nasenklappen der Vögel das Fliegen befördern, indem sie das Ueberströmen der Luft in die Luftgefäße der Knochen begünstigen, erhellt deutlich aus Schneider's Bemerkung, daß nämlich die Adler sich nicht so hoch in die Lüfte erheben können, wenn man ihnen die Nasenlöcher erweitert hat.

Digitized by Google

stande der äußeren Luft, und der Vogel kann das Fliegen nur fortsetzen, wenn er sich gewaltsam anstrengt. [60])

Bleibt die Zusammenziehungskraft der bewegenden Muskeln der Flügel dieselbe, so widersteht der Körper des Vogels seiner Projection nach oben und vorn nicht hinreichend: die Flügel bewegen sich mit einer solchen Geschwindigkeit, daß sie den Körper fortziehn, noch ehe sie hinreichend gesenkt und gestreckt sind, um die ganze Luftmasse, die ihre Wirkungen unterstützen und entwickeln soll, umfassen zu können.

Damit also der Vogel seine Geschwindigkeit im Fluge verstärken könne, darf er nur den Widerstand, den seine Flügel dem Niedersinken derselben, und den sein Körper der Projection leistet, mäßig vermehren.

Er kann aber beide Widerstände zugleich verstärken; denn er besitzt das Vermögen, die innere Luft in die Luftbehälter seiner Knochen überzutreiben, indem er bei verengerter Stimmritze mit großer Anstrengung ausathmet.

Hierbei ist folgende Bemerkung wesentlich: Das Schlagen mit den Flügeln, wovon das Fliegen abhängt, kann nur dann mit beträchtlicher Kraft geschehen, wenn der Vogel den Athem an sich hält, [61]) das heißt, wenn

60) Die zu rasche Bewegung der Fittige würde nachtheilig seyn, wenn sie vom Widerstande der Luft weniger und kürzere Zeit unterstützt würden, wie eine zu schnelle Bewegung der Arme beim Schwimmen den nothwendigen Widerstand des Wassers aufhebt. (Abschn. V. §. XXI.)

61) Fabricius von Acquapendente hat zuerst bemerkt,

Digitized by Google

er bei verengerter Stimmritze mit großer Anstrengung ausathmet. Da das Brustgewölbe alsdann in erhöheter Lage fortdauernd fixirt wird, so können die Flügelmuskeln, die sich an das Brustgewölbe anlegen, durch keine Bewegung, die ihrer Zusammenziehung entgegen stünde, fortgezogen werden.

Durch die während eines langen und starken Ausathmens in die Höhlen des Oberarms und der Flügelknochen getriebene Luft werden diese Knochen gehoben: es wird also der Widerstand verstärkt, welchen die Flügel denen Muskeln leisten, die sie in schiefer Richtung niederzuziehen streben. Dadurch gewinnen dieselben Muskeln desto mehr wechselseitige Kraft, den Körper des fliegenden Vogels fortzuschnellen.

Die in die Knochenhöhlen getriebene Luft übt ihre Gegenwirkung nach ganz anderen Richtungen, als die der Körper durch die Wechselwirkung der bewegenden Muskeln der Flügel annimmt. In Verhältniß zu dieser Gegenwirkung agiren diese Muskeln alsdann auf eine directe desto stärkere und mehr verlängerte Art: dadurch können sich die Flügel nun auch mit mehr Kraft und Dauer entfalten, um in der Luft den nöthigen Widerstand zu finden.

Augenscheinlich ist die Gegenwirkung der inneren Luft auf die festen Knochenröhren viel mächtiger, um

daß der Vogel wahrscheinlich seinen Athem anhält, wenn er sich von der Erde aufschwingt, wie man bei jeder Anstrengung zu thun pflegt. (de volatu, p. 5.)

Digitized by Google

den Widerstand des Körpers zu verstärken, als es die Gegenwirkung der in die weichen Luftblasen getriebenen Luft seyn könnte. Die Erweiterung der letzteren würde übrigens den Vogel leichter und beweglicher machen.

Ich habe die Verstärkung der Geschwindigkeit durch den Uebergang der Luft in die Knochen bis jetzt bloß in der Voraussetzung betrachtet, daß die Zusammenziehungskraft der bewegenden Muskeln dieselbe bleibe, wie im gewöhnlichen Zustande des Fluges. Diese innere Luft kann alsdann nur auf die Widerstände Einfluß haben, welche die Flügel und der Körper des Vogels diesen bewegenden Muskeln entgegen stellen.

Aber nach dem allgemeinen Grundsatze, der oben (Abschnitt II. §. XXVIII.) entwickelt worden, müssen die Widerstände der inneren Luft, wenn sie übermäßig groß werden, die Zusammenziehungskraft der bewegenden Muskeln in hohem und sehr vortheilhaften Grade verstärken.

XXXII.

Aus dem Gesagten geht hervor, wie man den Ausdruck, daß die Vögel mehr oder weniger Kraft des Athems haben, verstehen müsse.

Man sieht auch ein, daß die Vögel ihre Kraft, in der Luft sich zu erhalten, nicht allein ihrem Gewichte, verglichen mit dem Umfange und den Kräften der sie erhaltenden Fittige, sondern auch der Gegenwirkung verdanken, welche die mit Gewalt in ihre Knochenhöhlen getriebene Luft auf ihren Körper ausübt. Der Haupt-

Digitized by Google

nutzen dieser inneren Luft besteht also in der Verlängerung und Verstärkung der Kraft der Flügelmuskeln, während sie die Bewegungen des Fluges hervor bringen. Aber außerdem macht auch diese Luft, daß die Vögel sich in dem wogenden Luftmeere, so wohl während des Fluges als während des Schwebens, besser erhalten können: es vermehrt diese Luft auch den Widerstand, welchen der Körper der Vögel dem Winde leistet, der sie sonst unfehlbar mit sich fortreißen würde.

Bei dem Strauße scheint mir die Knochenluft den Nutzen zu haben, daß der Vogel nach der Richtung des Windes nicht zu schleunig fortgezogen oder gar niedergeschlagen werde, während der auf seine Flügel wirkende Wind die Geschwindigkeit seines Laufes befördert.

XXXIII.

Der Strauß läuft erstaunlich geschwinde, und fliegt gleichsam über die Erde hin. [62]) Im Laufen entfaltet und erhebt er seine Flügel.

Büffon sagt, der Strauß könne durch dies Erheben seiner Flügel seine Bewegungen nicht beschleunigen; denn er erhebe sie auch, wenn er gegen den Wind gehe, wo sie doch offenbar ein Hinderniß seyn müßten.

Ich denke im Gegentheile: der Strauß könne seine Flügel und seinen Schwanz allezeit in verschiedentlich

62) Plautus sagt, der Strauß volat curriculo. Die Araber vergleichen den Lauf des Straußes mit der Bewegung der Flamme.

Digitized by Google

geneigten Richtungen halten, um sie als Seegel zu benutzen; und dergestalt werde der Wind, wenn er auch nicht günstig ist, dennoch die Last des Körpers erleichtern, und ihm einen mehr oder weniger vortheilhaften Antrieb geben. [63])

Bomare läugnet, daß die Flügel dem Strauße als Seegel dienen. Sie seyn nämlich bei ihm anders gebauet wie bei anderen Vögeln, und die Luft könne sich nicht hinein setzen. Die schwachen Röhren der Straußfedern können ihnen nicht, wie bei anderen Vögeln, bald eine gerade, bald eine schiefe Richtung geben, und die Bärte dieser Federn seyn nicht durch Queerfasern mit einander verbunden, sondern sehr biegsam und locker.

Mir scheinen die Fittige des Straußes noch einen anderen Nachtheil zu haben. Alle Federn in denselben haben nämlich gleiche Länge, [64]) daher die Luft, die sie empor hebt, nicht, wie in einem Gewölbe, darin zurück gehalten werden kann.

63) Daraus kann man einiger Maßen die schiefe Richtung erklären, die der Strauß im Laufen annimmt. So sagt Aelian: (nat. anim, lib. XIV. c. 17.) er laufe, wenn er verfolgt werde, im Kreise nach außen. (δεῖ μὲν γὰρ εἰς κύκλον, ἀλλ' ἐξωτέρω περιθέουσα.) Die Reiter, die ihn verfolgen, müssen daher diesen Bogen in einer Sehne durchschneiden.

64) Dies hatten schon die Aegyptier bemerkt. Von einem Menschen, der das suum cuique ausübte, brauchten sie das Sinnbild des Strauß-Fittigs, weil alle Federn desselben von gleicher Länge seyn. (*Horapoll.* hieroglyph., lib. II. c. 118. p. 154.)

Digitized by Google

Dessen ungeachtet bedient sich dennoch der Strauß seiner Flügel, wie der Seegel, die vom Winde erhoben und fortgetrieben werden. Damit der Wind nicht durch die Flügel hingehe, reicht es hin, wenn er sie nur halb erhebt. [65])

Ein widriger Wind, so lange er nur mäßig ist, kann dem Strauße im Laufe am vortheilhaftesten seyn; denn durch die Unterstützung seiner Flügel giebt er ihm selbst mehr Unterstützung. (§. XVII.) Alkaswin hat in der That die Bemerkung gemacht, daß der Strauß schneller gegen den Wind als mit dem Winde läuft. [66])

Beim schnellen Laufen kann der Strauß desto eher fallen, je weniger die sehr langen Beine den Körper gehörig unterstützen können.

Um nun das Gleichgewicht zu erhalten, schlägt er mit den Flügeln, nicht bloß im Laufe, sondern auch im gewöhnlichen Gange: sie dienen ihm in diesem Falle als Balancir-Stangen. [67]) Aber diese wechselseitige Bewegung der Flügel darf nicht zu häufig seyn, weil sie sonst den Lauf zu sehr hindern würde. Auch findet dieselbe im schnellesten Laufe nicht statt, wo der Strauß

65) Εἰς ἄρσιν μέσην sagt Phile.

66) *Bochart* hierozoic., P. II. col. 246. Auch Kalm sah, daß die fliegenden Fische bei Nord-Amerika am häufigsten gegen den Wind flogen.

67) Eine ähnliche abwechselnde Bewegung mit den Flügeln findet man beim Tuju, einem dem Strauße ähnlichen Vogel in Süd-Amerika. (Histoire naturelle des oiseaux, par *Buffon*, vol. II. p. 224.)

Digitized by Google

vielmehr über die Erde hinstreicht, indem er den Kopf und die Flügel beständig in die Höhe richtet. [68])

Der Strauß muß also ein anderes Mittel haben, um seinen Stand gehörig zu sichern, damit der Lauf dadurch gemäßigt werde; und doch ist es für ihn so schwer, diesen Stand zu behalten, wenn der Lauf durch den Wind beschleunigt wird. Dieses Mittel liegt nun in dem Widerstande, den die Gegenwirkung der inneren Luft seiner Masse entgegen stellt. Diese innere Luft ist in den Schenkel- und übrigen Knochen enthalten. Nur in den Oberarm-Beinen fanden Camper und Hunter keine Oeffnungen, um Luft zuzulassen.

XXXIV.

Ich habe erklärt, wie der Vogel die Stärke seines Fluges durch die Wirkung der in den Knochenhöhlen enthaltenen Luft vermehren kann.

Diese Luftbehälter stehn gewiß mit der Luftröhre und den großen Luftblasen in Verbindung: und je nachdem die letztere mehr oder weniger frei ist, muß die Gegenwirkung der inneren Luft auch mehr oder weniger stark seyn.

Der Vogel kann also, je nachdem er die Lage der verschiedenen Theile seines Körpers ändert, das Verhältniß des Widerstandes seines Körpers zu dem Widerstande seiner Flügel ändern. Nun aber ist es bei dem Fliegen von dem größten Nutzen, wenn das Verhält-

68) Die Araber nennen diese Art zu laufen Zaza.

niß dieser beiden Widerstände in verschiedenen Fällen verändert werden kann. Dies will ich jetzt näher erläutern.

Wenn die Luftschicht, in welcher sich der Vogel bewegt, sehr verdünnt ist, so braucht er den Widerstand seines Körpers gar nicht zu verstärken: der letztere ist in dieser Luft an sich sehr schwer, und wird weniger unterstützt. Aber desto mehr muß er die Entfaltung seiner Flügel verlängern, damit sie eine größere Quantität Luft umfassen können. Diese beide Wirkungen erfolgen zu gleicher Zeit, wenn der Widerstand der Flügel durch eine freiere Gegenwirkung der Knochenluft verstärkt wird, während der Widerstand des Körpers bei der Unterdrückung der Kraft, womit die Luft in die Knochen hinein fährt, abnimmt.

Widersetzt sich der Wind dem Fluge des Vogels, so muß der Körper so viel als möglich dem Antriebe dieses Windes widerstehen; die Action der Flügel muß so frei werden als möglich. Diese beide Zwecke werden erfüllt, je nachdem die Wirkung der Luft in den Flügelknochen schwächer, und stärker in den übrigen wird.

Von der Natur hat der Vogel das Vermögen erhalten, die Gegenwirkung der in den Knochen enthaltenen Luft zu mäßigen und zu richten. Er kann also den Widerstand seines Körpers und seiner Flügel auf das vortheilhafteste modificiren, damit seine bewegende Muskeln mit so wenig Ermüdung als möglich einen schnellen und dauerhaften Flug hervor bringen.

Digitized by Google

Die Mechanik der Thiere liefert eine Menge analoger Fälle, wo zwei Theile, durch die Wechselwirkung derselben Muskeln nach entgegen gesetzten Richtungen bewegt, dieser Action ungleiche Widerstände leisten; und die Verhältnisse derselben werden durch die Lebenskraft ins Unendliche vervielfältigt.

Die allgemeinen Absichten der Natur bei diesen Abänderungen beobachten wir; aber die Gesetze, wonach sie erfolgen, können wir auf keine Weise berechnen.

Diese automatischen Kräfte, mit denen das Lebens-Princip in Organen, die ihm selbst unbekannt sind, agirt, wirken auf eine so transscendentale Art, daß der menschliche Verstand nur zur Beobachtung einiger Effecte derselben gelangen kann, auf die Entdeckung der ersten Ursachen aber Verzicht thun muß.

Digitized by Google

Verzeichniß
der
angeführten und erklärten Schrift-steller.

A.

Acta Hafnienſia medica. vol. 1 — 4. Hafn. 1671 f. 4.

Acta Helvetica phyſico - mathematico - botanico - medica. vol. 1 — 8. Baſil. 1751 — 1777. 4.

Adamus Bremenſis; ſ. Lindenbrog.

Aelianus de natura animalium, gr. et lat. opera *Schneideri*. Lipſ. 1784. 8.

Bern. Siegfr. *Albinus* de ſceleto humano. Leid. 1762. 4.

— — — tabulae ſceleti et musculorum corporis humani. Ib. 1747. fol.

Alexandri Aphrodiſienſis problemata, graec. Pariſ. 1540. 12.

Nic. *Andry* l' orthopédie, ou l' art de prévenir et de corriger dans les enfans les difformités du corps. vol. 1. 2. Paris 1741. 12.

Antichità di Ercolano. vol. 1 — 7. Napol. 1757 f. fol.

Petr. *Aponenſis* commentaria in Ariſtotelis problemata. Pap. 1497. fol.

Apuleji Madaurenſis opera, ed. Julian. *Florid.* Pariſ. 1688. 4.

Ariſtotelis opera omnia, gr. et lat. ed. *Pacii*. vol. 1. 2. Aurel. Allobr. 1605. 4.

B.

Fr. *Baconis* Verulamii opera. Francof. et Lipſ. 1685. fol.

P. J. *Barthez* nouveaux élémens de la ſcience de l' homme. Montpell. 1778. 4.

Digitized by Google

P. J. *Barthez* nova doctrina de functionibus naturae humanae. Pariſ. 1774. 8.

Thom. *Bartholini* hiſtoriarum anatomicarum cent. 1. 2. Frcf. 1657. 8.

Baſilii magni opera, graece, ed. Eraſmi. Baſil. 1532. fol.

Belon du *Mans* obſervations de pluſieurs ſingularitez et choſes mémorables, trouvées en Grèce, Aſie etc. Paris 1588. 4.

Jo. Exup. *Bertin* traité d' oſtéologie. vol. 1 — 4. Paris 1754. 8.

Beſchäftigungen der Berliniſchen Geſellſchaft Naturforſchender Freunde. B. 1 — 4. Berlin 1775 — 1779. 8.

Bezout cours de mathématiques à l' uſage du corps royal d' artillerie. vol. 1 — 4. Paris 1788. 8.

Jo. Nic. *Binninger* obſervationum et curationum medicinalium cent. 1 — 5. Montis belligard. 1673. 8.

Ger. *Blaſii* anatome animalium. Amſt. 1681. 4.

Bloch; ſ. Beſchäftigungen.

Jo. Fr. *Blumenbach* inſtitutiones phyſiologicae. Götting. 1787. 8.

— — — **Handbuch der Naturgeſchichte. Gött. 1782. 8.**

Sam. *Bocharti* opera omnia. fol. Lugd. Batav. 1712.

Valmont de *Bomare* dictionnaire raiſonné univerſel d' hiſtoire naturelle. vol. 1 — 15. Lyon 1791. 8.

Herm. *Boerhaave* praelectiones academicae in proprias inſtitutiones, ed. Haller. vol. 1 — 6. Götting. 1740 ſ. 8.

Chr. *Bonnet* oeuvres complettes. vol. 1 — 18. Neuchatel 1779 — 1783. 8.

J. *Bontius* de medicina Indorum. Amſt. 1658. 12.

Jo. Alf. *Borelli* de motu animalium. P. 1. 2. LB. 1685. 4.

— — — hiſtoriarum et obſervationum medico-phyſicarum cent. 1 — 4. Francof. 1678. 8.

Bourgelat; ſ. Mém. préſentés.

— — élémens de l' art vétérinaire. Paris 1769. 8.

Rich. *Bradley's* philoſophical account of the works of nature. Lond. 1721. 4.

Digitized by Google

(*Broſſe*) hiſtoire des navigations aux terres auſtrales. vol. 1. 2. Paris 1756. 4.

Brugnière; ſ. Encyclopédie méthod.

Buffon oeuvres complettes. vol. 1 — 52. Deuxponts 1782 ſ. 12.

C.

Callimachi hymni, epigrammata et fragmenta, graece et lat. cum comment. Ez. *Spanhemii.* Ultraj. 1697. 8.

Pet. Camper's kleine Schriften, die Arzney-, Wundarzney-kunſt und Naturgeſchichte betreffend, herausgegeben von Herbell. B. 1 — 3. Leipz. 1782 — 88. 8.

Ren. *Carteſius* de homine. Francof. 1692. 4.

— — — epiſtolae. Amſterd. 1668. 4.

C. *Celſus* de re medica, ed. *Targae.* LB. 1785. 4.

la *Cepède* hiſtoire des quadrupèdes ovipares et des ſerpens. vol. 1 — 4. Paris 1788 ſ. 4.

la *Chapelle* traité de la conſtruction du ſcaphandre, ou du bateau de l' homme. Paris 1774. 8.

Charlevoix hiſtoire et deſcription générale de la nouvelle France. vol. 1 — 3. Paris 1744. 4.

W. *Cheſelden's* oſteography. Lond. 1733. fol.

Claudianus, ed. *Burmanni.* vol. 1 — 3. Amſt. 1760. 4.

Commentarii de rebus in ſcientia naturali et medicina geſtis. vol. 1 — 34. Lipſ. 1750 — 1793. 8.

— — — Novi commentarii academiae Petropolitanae. vol. 1 — 20. Petrop. 1750 — 1776. 4.

Cook; ſ. Hawkesworth.

Cullen's firſt lines of the practice of phyſic. vol. 1 — 4. Edinb. 1784. 8.

D.

Dampier nouveau voyage autour du monde. vol. 1 — 5. Rouen 1739. 12.

Digitized by Google

Daubenton; ſ. Encyclopéd. méth.

Demoſthenis orationes, gr. ed. *Reiskii*. vol. 1 — 4. Lipſ. 1770. 8.

Wilh. Derham's Phyſiko-Theologie, aus dem Engl. Hamb. 1764. 8.

Jo. Theoph. *Desaguliers* courſe of experimental philoſophy. Lond. 1745. 4.

Mich. *Douglas* myographiae comparatae ſpecimen. Lond. 1707. 12.

E.

Encyclopédie méthodique ou par ordre de matières:

— — — Anatomie, par *Vicq d' Azyr*.

— — — Hiſtoire naturelle, par *Daubenton*.

— — — Hiſtoire naturelle des vers, par *Brugnière*.

— — — Hiſtoire des inſectes, par *Mauduyt* de la Varenne.

Leon. *Euler* methodus inveniendi lineas curvas. Lauſ. 1744. 4.

— — — ſcientia navalis. vol. 1. 2. Petrop. 1749. 4.

Euripidis quae extant omnia, ed. Joſ. *Barnes*. Cantabr. 1694. fol.

Barth. *Euſtachii* opuscula. LB. 1707. 8.

Euſtathii παρεκβολαὶ εἰς τὴν Ὁμήρου Ἰλιάδα. Rom. 1542. fol.

F.

Hieron. *Fabricii* ab Aquapendente opera, ed. B. S. *Albini*. LB. 1737. fol.

Feſtus de verborum ſignificationibus, ed. *Dacerii*. Pariſ. 1699. 4.

J. R. Forſter's Geſchichte der Entdeckungen und Schifffahrten in Norden. Frankf. an der Oder 1784. 8.

G.

Galeni opera, graece ed. *Oporini*. vol. 1 — 5. fol. Baſil. 1538.

Galileo *Galilei* opere. vol. 1 — 3. Firenze 1718. fol.

Petr. *Gaſſendi* opera omnia. vol. 1 — 6. Lugd. 1658. fol.

Digitized by Google

A. E. *Gautier* d' Agouty obſervations ſur l' hiſtoire naturelle, la phyſique et la peinture. vol. 1 — 6. Paris 1752. 8.
de *Geer* hiſtoire des inſectes. vol. 1 — 6. Stockholm 1752 — 1777. 4.
Geoponici veteres, ed. *Niclas*. Lipſ. 1781. 8.
Io. Matth. *Gesner* theſaurus linguae latinae. vol. 1 — 4. fol.
Eberh. *Gockel* gallicinium medico-practicum. Ulm. 1700. 4.
Golii lexicon arabicum. Lugd. Bat. 1653. fol.
Gori muſeum Etruſcum. vol. 1 — 3. Flor. 1737 — 1743. fol.
Gorraei definitiones medicae. Francof. 1578. fol.
Gouan hiſtoria piſcium. Argent. 1770. 4.
Gronovii theſaurus antiquitatum graecarum. vol. 1 — 12. LB. 1697 — 1702.
(Grosley) Londres: ouvrage d'un français. vol. 1 — 3. Neuchatel 1773. 12.

H.

Haaſe zootomiae ſpecimen, ſiſtens comparationem animantium clavicularum cum humanis. Lipſ. 1766. 4.
Ehrenfr. *Hagendorn* obſervationum et hiſtoriarum medico-practicarum cent. 1 — 3. Francof. 1698. 8.
Alb. de *Haller* elementa phyſiologiae. vol. 1 — 8. Lauſ. 1757 ſ. 4.
G. E. *Hamberger* phyſiologia medica. Jen. 1751. 4.
du *Hamel* traité des pêches, avec l' hiſtoire des poiſſons, qu'elles fourniſſent. Paris 1769 ſ. fol.
Kongl. Academiens i Stockholm Handlingar. D. 1.
Hawkesworth Geſchichte der neueſten Reiſen um die Welt. Th. 1 — 3. Berlin 1774. 4.
Heſiodus graece et lat. cum notis *Graevii* et *Clerici*. Amſt. 1701. 4.
Heſychius, graece et lat. ed. *Alberti*. Amſterd. 1746. fol.
Georg Heuermann's vermiſchte Bemerkungen und Unterſuchungen der ausübenden Arzneywiſſenſchaft. Th. 1. 2. Kopenh. 1765 f. 8.

Digitized by Google

Hippocratis opera, ed *Foëſii*. Genev. 1657. fol.
Hiſtoriae Auguſtae ſcriptores, cum notis variorum. vol. 1 — 3. Heidelb. 1743. fol.
Homeri Ilias, ed. *Wolfii*. Hal. 1794.
— — Odyſſea, ed. ej. Hal. 1785. 8.
— — Werke, überſ. von Voß. Altona 1793. 8. Th. 1 — 4.
Hontan nouveaux voyages dans l'Amérique ſeptentrionale. vol. 1. 2. Haye 1705. 12.
Horapollinis hieroglyphica, gr. et lat. ed. *Pauw*. Traj. ad Rhen. 1727. 4.
Horatius, ed. *Jani*. vol. 1. 2. Lipſ. 1778. 8.
Huber obſervations ſur le vol des oiſeaux à proye. Genève 1784. 4.

I.

Journal de médecine, 1755.
— — — phyſique, 1778. 1782.
— — — Trevoux, 1723.
— — des Savans, Paris 1665 — 1790. 12. vol. 1 — 240.
Iſidori Hiſpalenſis origines, ed. *Gothofredi*. Colon. Allobr. 1622. 4.
George *Juan* examen maritime, ou traité de méchanique appliquée à la conſtruction des vaiſſeaux. Paris 1782. 4.
Juliani opera, gr. et lat. ed. Ez. *Spanhemii*, vol. 1. 2. Lipſ. 1696.
Juvenalis et *Perſius* cum notis variorum, ed. *Caſauboni*. LB. 1695. 4.

K.

P. Kalm's Reiſe nach dem nordlichen Amerika, überſ. von Murray. B. 1 — 3. Gött. 1754 — 1764. 8.

L.

Laſoſſe cours d' hippiatrique, ou anatomie du cheval. Paris 1774. fol.

Digitized by Google

Leipziger Magazin zur Naturkunde, Mathematik und Oekonomie. B. 1 — 4. Leipz. 1781 — 1784. 8.

Fr. Chr. *Lesser* Testaceo-theologia. Lipſ. 1744. 8.

— — — Théologie des insectes, trad. par *Lyonet*. vol. 1. 2. Haye 1742. 8.

G. E. Lessing's Untersuchung, wie die Alten den Tod gebildet. Berl. 1769. 4.

Lindenbrog scriptores rerum germanicarum septentrionalium, ed. *Fabricii*. Hamb. 1706. fol.

Linnaei amoenitates academicae. vol. 1 — 10. Erlang. 1785 — 1790. 8.

Livius, ed. *Drakenborch*. vol. 1 — 7. Amſt. 1738. 4.

de *Luc* lettres phyſiques ſur les montagnes et ſur l'hiſtoire de la terre et de l'homme. vol. 1 — 6. Amſt. 1778 — 1780. 8.

Luciani opera, ed. *Reitzii*. vol. 1 — 3. Amſt. 1743. 4.

Lucilii ſatirarum reliquiae, ed. *Douſae*. Amſt. 1661. 4.

Lucretius, ed. *Havercamp*. vol. 1. 2. LB. 1725. 4.

Lyonet anatomie de la chenille qui ronge le bois de ſaule. Haye 1764. 4.

M.

Macrobii opera, ed. *Gronovii*. Lond. 1694. 8.

Maffei gemme antiche figurate, date in luce da *de' Roſſi*. vol. 1 — 4. Rom. 1707. 4.

Marc. *Malpighii* opera omnia. Lond. 1686. fol.

Martialis in uſum Delphini, ed. *Coleſſo*. Pariſ. 1754.

Maſſuet élémens de la philoſophie moderne. vol. 1. 2. Amſt. 1740. 4.

Mauduyt: ſ. Encycl. méthod.

Jo. *Mayow* opera. Hag. Com. 1681. 8.

Mémoires de l'academie des ſciences à Paris, avant 1699. vol. 1 — 6. Haye 1729 — 1736. 4.

— — — ann. 1730. 1735. 1774.

— — préſentés à l'acad. des ſcienc. à Paris, vol. 1 — 11. Paris 1750 — 1786. 4.

Digitized by Google

Memorie di mathematica e fifica della ſocietà Italiana. vol. 1 — 4. Verona 1782 — 1788. 4.

Mercurialis de arte gymnaſtica. Venet. 1601. 4.

(James Burnet) *Monboddo* on the origin and progreſs of language. vol. 1 — 4. Lond. 1773 — 1787. 4.

Montfaucon l'antiquité expliquée. vol. 1 — 10. Paris 1719. fol.

— — — ſupplément à l'antiquité expliquée, vol. 1 — 5. Paris 1724. fol.

J. B. *Morgagni* de ſedibus et cauſſis morborum epiſtolae. vol. 1 — 4. LB. 1767. 4.

J. A. *Murray* opuscula. vol. 1. 2. Götting. 1785. 8.

Guil. *Musgrave* de arthritide. Genev. 1769. 4.

N.

Turberv. *Needham* microſcopical discoveries. Lond. 1745. 8.

Nicandri therica, gr. ed. *Gorraei*. Paris 1556. 4.

Noverre lettres ſur la danſe et ſur les ballets. 1783. 8.

O.

Oppianus de venatione et piſcatione, graece ed. *Schneider*. Argent. 1776. 8.

Orphei argonautica, graece ed. *Eſchenbach*. Ultraj. 1689. 8.

Osbek's Reiſe nach Oſtindien und China, aus dem Schwed. von Georgi. Roſtock 1765. 8.

Ovidii opera, ed. *Burmanni*. vol. 1 — 4. LB. 1727. 4.

P.

Pallas neue nordiſche Beiträge. Th. 1 — 4. Petersb. 1784 f.

— — Reiſen durch verſchiedene Provinzen des ruſſiſchen Reichs. Th. 1 — 3. Petersb. 1771 — 1776. 4.

Dom. *Panaroli* chamaeleo examinatus. Rom. 1652. 4.

Ant. *Parent* eſſais de phyſique et de mathématique. vol. 1. 2. Paris 1705. 12.

Pauſaniae Graeciae deſcriptio, gr. et lat. ed. *Facius*. vol. 1 — 4. Lipſ. 1794 f. 8.

Digitized by Google

Cl. *Perrault* eſſays de phyſique. vol. 1 — 4. Paris 1680. 1688. 4.

Perſius; ſ. *Juvenalis*.

Petronii Arbitri ſatiricon ex recenſ. *Burmanni*. Lipſ. 1782. 8.

Phile jambi de animalium proprietate, gr. et lat. ed. *Pauw*. Traj. ad Rhen. 1731. 4.

Philoſophical transactions. vol. 1 — 87.

Platonis opera, graece ed. *Grynaei*. Baſil. 1534. fol.

Plauti comoediae, ed. *Taubmanni*. Francof. 1612. 4.

Plinii hiſtoria naturalis, ed. *Harduini*. vol. 1. 2. Pariſ. 1741. fol.

Plutarchi opera, gr. et lat. ed. *Xylandri*. vol. 1. 2. Francof. 1599. fol.

Prudentius in uſum Delphini, cum notis *Camillardi*. Pariſ. 1687. 4.

R.

Racine épitre ſur l'homme. 1760. 12.

J. *Ravelly* traité de la maladie de la rage. Paris 1696. 12.

Réaumur mémoires pour ſervir à l'hiſtoire des inſectes. vol. 1 — 6. Paris 1734 — 1742. 8.

A. M. *Ricci* diſſertationes Homericae. vol. 1 — 3. Flor. 1740. 4.

G. *Rondelet* de piſcibus. vol. 1. 2. Lugd. 1554. 1555. fol.

Röſel's Inſecten-Beluſtigungen. B. 1 — 4. Nürnb. 1760 f.

— — natürliche Hiſtorie der Fröſche hieſigen Landes. Nürnberg 1758. fol.

J. J. *Rouſſeau* oeuvres complettes, vol. 1 — 33. Deuxponts 1782 f.

S.

Salmaſii Plinianae exercitationes in Solini polyhiſtora. vol. 1. 2. Ultraj. 1689.

Sauvages dictionnaire Languedocien.

Schneider ſcriptores rei ruſticae veteres. vol. 1 — 3. Lipſ. 1791 f.

Schultenii opera minora. LB. 1769. 4.

Digitized by Google

Shakſpeare's works, by *Capell.* vol. 1 — 10. Lond. 1785. 8.

Silberſchlag; ſ. Beſchäftigungen.

Sparrman's Reiſe nach dem Vorgebirge der guten Hoffnung, aus dem Schwed. Berlin 1784. 8.

Spence's polymetis, abridged by *Tindal.* Lond. 1768. 12.

Pap. *Statius*, ex recenſ. Caſp. *Barthii.* Cygneae 1663. 4.

Steller in nov. comment. Petropolit., vol. II.

— — Beſchreibung von dem Lande Kamtſchatka. Frankf. und Leipz. 1774. 8.

Stenonis; ſ. Act. Hafn.

Henr. *Stephani* theſaurus linguae graecae. vol. 1 — 4. Paris 1572. fol.

Strabonis rerum geographicarum libri XVII, ed. *Almeloveen.* Amſt. 1707. fol.

Swammerdam's bybel der natuuren. vol. 1. 2. Leid. 1737. fol.

Ger. van *Swieten* commentaria in Boerhaavii aphoriſmos, vol. 1 — 5. Hildburgh. 1754 f. 4.

Syneſii epiſtolae, graece et lat. ed. Fr. *Porti.* Pariſ. 1605. 8.

T.

Tertulliani opera, ed. J. S. *Semler.* vol. 1 — 5. Hal. 1770. 8.

Theocriti idyllia, graece ed. *Stroth.* Goth. 1782. 8.

Theophraſti opera, graece et lat. ed. *Heinſii.* LB. 1613. fol.

Thevenot l' art de nager, démontré par de figures. Paris 1786. 12.

Adr. *Turnebi* adverſariorum libri XXX. Pariſ. 1580. fol.

Tyrtaei quae ſuperſunt, ed. *Klotzii.* Altenb. 1766. 8.

E. *Tyſon's* Orang-outang, or the anatomy of the pygmie. Lond. 1699. 4.

V.

Jac. *Vanierii* praedium ruſticum. vol. 1. 2. Toloſ. 1707. 8.

Varro de re ruſtica; ſ. *Schneider.*

Vegetius de re militari, ed. *Scriverii.* Antverp. 1607. 4.

Digitized by Google

Vesling observationes anatomicae et epistolae medicae. Hafn. 1664. 8.

Vicq d' Azyr; s. Encyclopédie méth.

— — — s. Mém. de l' ac. des sciences à Paris.

Virgilius cum commentariis *Servii*. Paris. 1532. fol.

— — per la *Cerdam*. vol. 1. 2. Colon. Agripp. 1642. fol.

— — übersetzt von Voß. B. 1 — 3. Braunschw. 1799. 8.

G. J. *Vossius* de origine et progressu idololatriae. vol. 1. 2. Amst. 1641. 4.

Nouveau voyage en Espagne, fait en 1777 et 1778. vol. 1. 2. Paris 1782. 8.

W.

Jo. *Wallis* opera omnia mathematica.

P. *Warnefried* de gestis Langobardorum, ed. Hug. *Grotii*. Amst. 1655. 8.

Weikard's philosophischer Arzt. Frankf. 1798. 8.

Weiß; s. Acta Helvet.

Thom. *Willis* opera omnia. Venet. 1720. fol.

Willoughbeii historia piscium, ed. *Raii*. Oxon. 1686. fol.

Winkelmann monumenti antichi inediti, spiegati ed illustrati. vol. 1. 2. Rom. 1767. fol.

— — — déscription des pierres gravées dans le cabinet du Baron de Stosch.

Jac. Ben. *Winslow* exposition anatomique de la structure du corps humain. vol. 1 — 5. Paris 1767. 8.

X.

Xenophontis opera, ed. *Leunclavii*. Paris. 1625. fol.

Digitized by Google

Verzeichniß
der
in den Anmerkungen erklärten
lateiniſchen, griechiſchen und arabiſchen
Wörter.

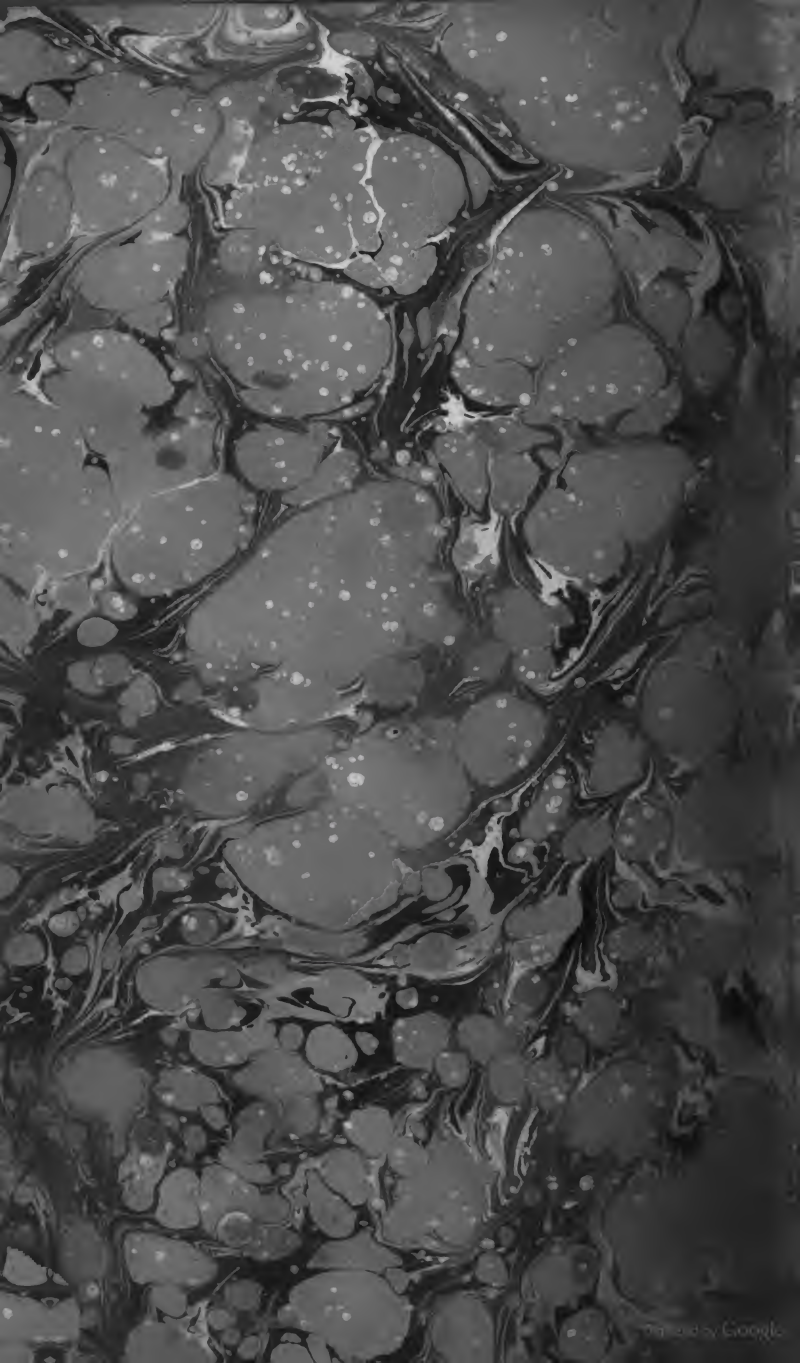
Addere in ſpatia 292.
Aeripes 225.
αἱμόῤῥοος 260.
ἄκανθος 260.
ἄκατος 261.
Anhelitus ſublimis 123.
ἀῤῥέπης 36.
Atlas 217.
Attae 103.
χαλκόπους 225.
Colatorius 195.
Conamen 170.
εὖ διαβὰς 60.
διεστραμμένοι πόδες 70.
δορκαδίζων 154.
εἰλίπους 128. 223.
εἰλύσπωμα 249.
ἐρέσσων πόδα 107.
ἐξελίττειν 38.
Fluctuatim ire 125.
Guttonarius 195.
ἕλύσπασις 249.
κάλπη 195.
κάμπη 249.
κέγχρις 260.
Lentare ramos 280.
μακρόκωλοι 129.
μετέωρον πνεῦμα 123.
ὀρθιοκώπαι 279.
ὀῤῥώδειν 85.
πλεκτάναι 306.
πρύμναν κρούειν 278.
πτερνοβάται 103.
Ramos lentare 280.
σαράπους 103. 134.
Scritobini 112.
Semiplotia 74.
Serperaſtra 170.
σκαιὸς 261.
κατὰ σκέλος 205.
σκιαμαχεῖν 204.
σοβεῖν 125.
σοβὸς 126.
σπαργανεῖσθαι 38.
στριφνὸς 89.
συνεστραμμένοι πόδες 70.

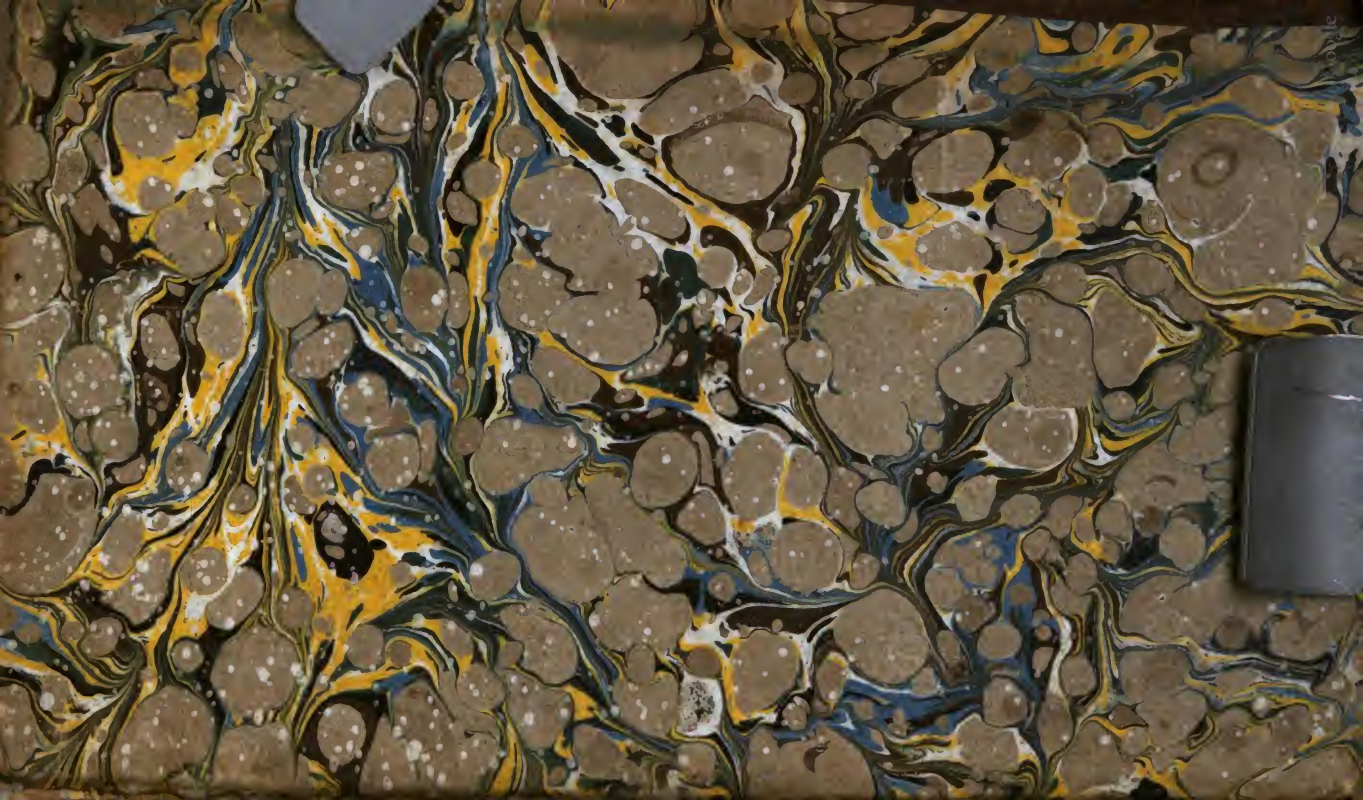
ταναύποδες 223.
τελευταῖος 217.
Trepidare 120.
Trepidiarius 195.
τρίπηδον 195.
Valgus } 62.
varus }
افجاج 91.
ام راشل 228.
بسط 119.
بهيز 131.
تدحا 190.
دهمجة 195.
دومان 357.
زعزاع 387.
عرواء 91.
عموي 350.
لام 351.
مريخ 351.
نحص 183.

Digitized by Google

XX
IX,87
X.92

Digitized by Google


Digitized by Google



Digitized by Google